



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN DRAINASE
JALAN LINGKAR LUAR TIMUR SURABAYA
TAHAP 1 (STA -0+200 HINGGA +5+700)**

Penyusun :

DIEGA HANANDA ZIANTONO

NRP. 3115 105 033

Dosen Pembimbing :

Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

NIP. 19530302 198701 1 001

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



TUGAS AKHIR-RC14-1501

**PERENCANAAN DRAINASE JALAN
LINGKAR LUAR TIMUR SURABAYA
TAHAP 1 (STA -0+200 HINGGA +5+700)**

Penyusun :

DIEGA HANANDA ZIANTONO
NRP. 3115 105 033

Dosen Pembimbing :

Ir. Bambang Sarwono, MSc
NIP. 195303021987011001

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



FINAL PROJECT-RC14-1501

**PLANNING THE DRAINAGE OF
THE OUTER EAST RING ROAD
STAGE I (STA -0+200 TO STA 5+700)**

By :

DIEGA HANANDA ZIANTONO
NRP. 3115 105 033

Advisor :

Ir. Bambang Sarwono, MSc
NIP. 195303021987011001

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT OF TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017

**PERENCANAAN DRAINASE JALAN
LINGKAR LUAR TIMUR SURABAYA
TAHAP 1 (STA -0+200 HINGGA STA 5+700)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

DIEGA HANANDA ZIANTONO

NRP. 3115 105 033

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Ir. Bambang Sarwono, MSc



**SURABAYA
JULI, 2017**

PERENCANAAN SALURAN DRAINASE
JALAN LINGKAR LUAR TIMUR SURABAYA
TAHAP I

STA -0+200 SAMPAI DENGAN STA 5+700

Oleh

Diega Hananda Ziantono / 3115105033

Mahasiswa LJ S1 Teknik Sipil FTSP ITS

diegahz@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan transportasi di Indonesia saat ini berkembang sangatlah pesat, terutama dalam pembangunan jalan baru yang bertujuan untuk memudahkan masyarakat dalam mengakses ke seluruh daerah. Untuk daerah Surabaya sudah diadakan perencanaan pembangunan jalan lingkaran luar timur, penghubung antara jalan tol suramadu dengan Gunung Anyar dengan panjang jalan ± 50 km dan lebar 60 m yang terhubung ke Bandara Juanda yang bertujuan mengurangi kemacetan yang ada.

Tugas akhir ini bertujuan untuk merencanakan drainase jalan lingkaran luar timur tahap I (Sta -0+200 hingga 5+700) agar tidak terjadinya kerusakan jalan yang disebabkan oleh genangan air dari limpasan air hujan , dan juga tidak terjadi kecelakaan maupun kemacetan. Adapun dalam perencanaannya diperlukan data-data yang jadi penunjang dalam perencanaan tersebut diantaranya data hujan, potongan memanjang jalan, potongan melintang jalan, serta peta lokasi jalan tersebut yang didapatkan dari PU Binamarga dan Pematusan. Kemudian dari data yang telah didapat tersebut akan diolah dengan perhitungan analisa hidrologi dan hidrolika sehingga dapat merencanakan kebutuhan dimensi saluran drainase jalan tersebut.

Diharapkan, dengan adanya perencanaan sistem drainase yang baik pada Jalan Lingkaran Luar Timur maka tidak akan terjadi genangan akibat air hujan sehingga meminimalisir kerusakan jalan, kemacetan maupun kecelakaan.

Kata kunci : Drainase jalan, sistem drainase, jalan Lingkar Luar
Timur Surabaya

PLANNING THE DRAINAGE OF
THE OUTER EAST RING ROAD STAGE I
STA -0+200 TO STA 5+700

by

Diega Hananda Ziantono / 3115105033
College Student of LJ S1 Civil Engineering FTSP ITS
diegahz@gmail.com

ABSTRACT

The development of transportation in Indonesia is currently growing rapidly, especially in the construction of new roads with aimed to facilitate the community in accessing the entire region. Surabaya City government already planned to construct the eastern outer ring road that connects the suramadu highway with Gunung Anyar, with a length of ± 50 km and width of 60 m, connected to Juanda Airport. OERR development is expected to reduce the congestion occurred in the area.

This final project aims to plan the drainage of the outer east ring road stage I (Sta -0 + 200 to 5 + 700) so that will not damage the road caused by water puddles from rainwater runoff, and caused accidents or congestions. Required datas such as rainfall data, cross section of road, and map of location of that road obtained from PU Binamarga and Pematusan, are needed to support planning. Moreover, obtained datas will be processed with the calculation of hydrological and hydraulic analysis, so that the needs of the road drainage channel dimension can be planned.

Good drainage system of Outer East Ring Road planning is expected to minimize road damage, congestion or accident.

Keywords: Road drainage, drainage system, Outer East Ring Road Surabaya

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat-NYA sehingga tugas akhir dengan judul “Perencanaan Drainase Jalan Lingkar Luar Timur Tahap 1 (Sta -0+200 hingga Sta +5+700)” dapat tersusun hingga selesai. Tidak lupa penulis juga mengucapkan banyak terimakasih atas bantuan dari pihak yang telah berkontribusi dengan memberikan sumbangan baik materi maupun pikirannya.

Adapun penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk kelulusan Jurusan S1 Lintas Jalur Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Karena keterbatasan pengetahuan maupun pengalaman penulis, penulis yakin masih banyak kekurangan dalam Tugas Akhir ini, Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Demikian yang bisa penulis sampaikan, semoga hasil dari penelitian ini dapat memberi manfaat kepada penulis maupun kepada pembaca. Akhir kata, penulis sampaikan terima kasih.

Surabaya, 01 Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Lokasi Perencanaan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penentuan Hujan Kawasan	5
2.1.1 Metode Aritmatika (Aljabar).....	5
2.1.2 Metode Thiessen.....	6
2.1.3 Metode Ishoyet	7
2.2 Analisis Distribusi Frekuensi	7
2.3 Curah Hujan Rencana.....	8
2.4 Uji Kecocokan Distribusi	13
2.4.1 Chi-Kuadrat.....	14
2.4.2 Uji Smirnov – Kolmogorov.....	15
2.5 Koefesien Pengaliran.....	17
2.6 Perhitungan Intensitas Hujan.....	18
2.7 Perhitungan Waktu Konsentrasi	20

2.7.1	<i>Overland flow time (to)</i>	20
2.7.2	<i>Channel flow time (tf)</i>	21
2.8	Perhitungan Debit.....	21
2.9	Perhitungan Dimensi Saluran	22
2.10	Bentuk Saluran	23
2.11	Gorong-gorong	26
2.11.1	Fungsi	26
2.11.2	Tipe/Jenis Konstruksi	26
2.11.3	Komposisi Gorong-gorong.....	26
2.11.4	Penempatan gorong-gorong.....	27
2.11.5	Perhitungan Dimensi Gorong-gorong.....	27
2.12	Profil Muka Air	27
BAB III METODOLOGI		29
3.1	Umum.....	29
3.1.1	Studi Literatur.....	29
3.1.2	Konsep Perencanaan.....	29
3.1.3	Survey Lapangan	30
3.1.4	Pengumpulan Data.....	30
3.1.5	Analisa Pengolahan Data.....	31
3.1.6	Tahap Perencanaan	31
3.1.7	Pengecekan Elevasi	31
3.2	Hasil dan Kesimpulan.....	32
3.3	Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>).....	33
3.4	Jadwal Kegiatan.....	34
BAB IV ANALISA PERHITUNGAN.....		35
4.1	Analisa Curah Hujan	35
4.1.1	Curah Hujan Rencana.....	35

4.2	Analisa Distribusi Frekuensi	40
4.2.1	Perhitungan Metode Distribusi Gumbel.....	40
4.2.2	Perhitungan Metode Distribusi <i>Log Pearson Type III</i>	50
4.3	Uji Kecocokan Distribusi Hujan	58
4.3.1	Uji Kecocokan Chi-Kuadrat.....	59
4.3.2	Uji Smirnov – Kolmogorov.....	62
4.4	Pemilihan Hujan Rencana	63
4.5	Analisis Waktu Konsentrasi	65
4.6	Tata guna lahan	67
4.7	Analisis Intensitas Hujan.....	68
4.7.1	Intensitas Hujan Periode 10 Tahun	69
4.8	Perhitungan Debit rencana	70
4.9	Analisis Hidrolika	72
4.9.1	Perhitungan <i>Full Bank Capacity</i>	72
4.10	Perencanaan Sistem Aliran.....	77
4.11	Perhitungan debit pada saluran drainase <i>frontage</i> ..	78
4.11.1	Analisa Curah Hujan	78
4.11.2	Curah Hujan Rencana.....	78
4.11.3	Analisa Distribusi Frekuensi	80
4.11.4	Uji Kecocokan Distribusi Hujan	96
4.11.5	Analisis Intensitas Hujan.....	111
4.11.6	Perhitungan Debit rencana	112
4.11.7	Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisting dengan Debit Rencana.....	114
4.12	Analisis Hidrolika saluran drainase Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya	116
4.12.1	Perhitungan <i>Full Bank Capacity</i>	116

4.13	Analisa Elevasi saluran drainase jalan terhadap saluran pembuang	119
4.14	Gorong-gorong	121
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		125
5.1	Kesimpulan.....	125
5.2	Saran	126
DAFTAR PUSTAKA.....		129
LAMPIRAN		131

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Persyaratan Pemilihan Jenis Distribusi/Sebaran Frekuensi.....	8
Tabel 2. 2 Tabel Nilai variable reduksi Gauss	9
Tabel 2. 3 Hubungan reduksi variat rata-rata (\bar{Y}_n) dan deviasi standar (S_n) terhadap jumlah data (n)	10
Tabel 2. 4 Tabel Koefisien Kemencengan	12
Tabel 2. 5 Nilai kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat (uji satu sisi)	15
Tabel 2. 6 Nilai kritis untuk Smirnov – Kolmogorov	16
Tabel 2. 7 Koefisien aliran	18
Tabel 2. 8 Kecepatan Aliran rata-rata untuk Saluran Alam ...	21
Tabel 2. 9 Nilai Koefisien Manning.....	23
Tabel 3. 1 Rencana kegiatan penyusunan Tugas Akhir	34
Tabel 4. 1 Contoh data hujan Saluran Primer Jeblokan tahun 2016.....	36
Tabel 4. 2 Luas daerah pengaruh stasiun hujan untuk Sungai Primer Jeblokan.....	36
Tabel 4. 3 Perhitungan hujan harian rata-rata Saluran Primer Jeblokan tahun 2016 dengan metode Polygon Thiessen	37
Tabel 4. 4 Rekapitulasi perhitungan hujan harian untuk Saluran Primer Jeblokan.....	37
Tabel 4. 5 Rekapitulasi perhitungan hujan harian untuk Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres dan Saluran Primer Lebak Indah.....	38
Tabel 4. 6 Rekapitulasi perhitungan hujan harian untuk Saluran Sudetan Kenjeran	39
Tabel 4. 7 Rekapitulasi perhitungan hujan harian untuk Saluran Primer Kepiting.....	40
Tabel 4. 8 Perhitungan C_s , C_k dan C_v	42
Tabel 4. 9 Perhitungan analisa distribusi frekuensi dengan Metode Gumbel.....	43
Tabel 4. 10 Perhitungan faktor frekuensi	45
Tabel 4. 11 Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan metode distribusi gumbel.....	46
Tabel 4. 12 Perhitungan Metode Gumbel untuk Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres.....	46

Tabel 4. 13 Perhitungan Metode Gumbel untuk Saluran Sekunder Lebak Indah	47
Tabel 4. 14 Perhitungan Metode Gumbel untuk Saluran Sudetan Kenjeran.....	48
Tabel 4. 15 Perhitungan Metode Gumbel untuk Saluran Primer Kepiting	49
Tabel 4. 16 Perhitungan parameter statistik distribusi Log Pearson Type III	52
Tabel 4. 17 Nilai K untuk metode distribusi Log Pearson Type III dengan $C_s = 1,15$	53
Tabel 4. 18 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson Type III.....	53
Tabel 4. 19 Rekapitulasi perhitungan C_k dan C_s distribusi frekuensi	53
Tabel 4. 20 Perhitungan menggunakan Log Pearson Type III untuk Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres.....	54
Tabel 4. 21 Perhitungan menggunakan Log Pearson Type III untuk Saluran Sekunder Lebak Indah.....	55
Tabel 4. 22 Perhitungan menggunakan Log Pearson Type III untuk Saluran Sudetan Kenjeran	56
Tabel 4. 23 Perhitungan menggunakan Log Pearson Type III untuk Saluran Primer Kepiting	57
Tabel 4. 24 Pembagian sub grup	60
Tabel 4. 25 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III	61
Tabel 4. 26 Hasil perhitungan uji kecocokan Smirnov-Kolmogrov Log Pearson Type III	62
Tabel 4. 27 Curah hujan rencana terpilih saluran Primer Jeblokan.....	64
Tabel 4. 28 Curah hujan rencana terpilih saluran Sekunder Kyai Tambak Deres.....	64
Tabel 4. 29 Curah hujan rencana terpilih saluran Sekunder Lebak Indah	64
Tabel 4. 30 Curah hujan rencana terpilih saluran Sudetan Kenjeran	64
Tabel 4. 31 Curah hujan rencana terpilih saluran Primer Kepiting	64

Tabel 4. 32 Perhitungan C gabungan untuk Sungai	68
Tabel 4. 33 Curah hujan harian maksimal per tahunnya untuk Sta -0+200 hingga Sta 1+600 dengan data curah hujan 15 tahun.....	79
Tabel 4. 34 Curah hujan harian maksimal per tahunnya untuk Sta 1+625 hingga Sta 5+700 dengan data curah hujan 16 tahun.....	79
Tabel 4. 35 Perhitungan analisa distribusi frekuensi dengan Metode Gumbel untuk Sta -0+200 hingga Sta 1+600.....	83
Tabel 4. 36 Perhitungan faktor frekuensi	85
Tabel 4. 37 Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan metode distribusi gumbel.....	86
Tabel 4. 38 Perhitungan analisa distribusi frekuensi dengan Metode Gumbel untuk Sta 1+625 hingga Sta 5+700	86
Tabel 4. 39 Perhitungan faktor frekuensi	88
Tabel 4. 40 Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan metode distribusi gumbel.....	89
Tabel 4. 41 Perhitungan parameter statistik distribusi <i>Log Pearson Type III</i> untuk Sta -0+200 hingga Sta 1+600.....	90
Tabel 4. 42 Nilai K untuk metode distribusi Log Pearson Type III dengan $C_s = 1,51$	92
Tabel 4. 43 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson Type III.....	92
Tabel 4. 44 Rekapitulasi perhitungan C_k dan C_s distribusi frekuensi.....	92
Tabel 4. 45 Perhitungan parameter statistik distribusi <i>Log Pearson Type III</i> untuk Sta 1+625 hingga Sta 5+700	94
Tabel 4. 46 Nilai K untuk metode distribusi Log Pearson Type III dengan $C_s = 1,49$	95
Tabel 4. 47 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson Type III.....	96
Tabel 4. 48 Rekapitulasi perhitungan C_k dan C_s distribusi frekuensi.....	96
Tabel 4. 49 Pembagian sub grup	97
Tabel 4. 50 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III.....	98
Tabel 4. 51 Pembagian sub grup	100

Tabel 4. 52 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III	101
Tabel 4. 53 Hasil perhitungan uji kecocokan Smirnov-Kolmogrov Log Pearson Type III untuk Sta -0+200 hingga 1+600.....	102
Tabel 4. 54 Hasil perhitungan uji kecocokan Smirnov-Kolmogrov Log Pearson Type III untuk Sta 1+625 hingga 5+700.....	104
Tabel 4. 55 Curah hujan rencana terpilih untuk saluran drainase jalan Sta -0+200 hingga 1+600	106
Tabel 4. 56 Curah hujan rencana terpilih untuk saluran drainase jalan Sta 1+625 hingga 5+700.....	106
Tabel 4. 57 Perhitungan nilai Tc tiap titik tinjau	111
Tabel 4. 58 Perhitungan debit rencana saluran drainase Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya	112
Tabel 4. 59 Perhitungan debit rencana pada saluran pipa Flyover.....	113
Tabel 4. 60 Perhitungan debit rencana pada saluran pipa yang melintang di bawah Frontage	114
Tabel 4. 61 Perbandingan debit rencana periode ulang 10 tahun saluran pembuang di sisi kiri Jalan Lingkar Luar Timur.	115
Tabel 4. 62 Perbandingan debit rencana periode ulang 10 tahun saluran pembuang di sisi kanan Jalan Lingkar Luar Timur.	115
Tabel 4. 63 Perhitungan saluran drainase jalan	117
Tabel 4. 64 Perhitungan pipa Flyover	118
Tabel 4. 65 Rekapitulasi elevasi tiap titik tinjau pada Sungai sebelah kiri Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya	120
Tabel 4. 66 Rekapitulasi elevasi tiap titik tinjau pada Sungai sebelah kanan Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya	120
Tabel 4. 67 Perhitungan gorong-gorong pendek tiap sungai yang ditinjau	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi penelitian Sta -0+200 sampai dengan 5+700	4
Gambar 2. 1 Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Aljabar.....	5
Gambar 2. 2 Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Poligon Thiessen.....	6
Gambar 2. 3 Dimensi saluran penampang persegi	24
Gambar 2. 4 Dimensi saluran penampang trapesium.....	25
Gambar 2. 5 Dimensi saluran penampang lingkaran	26
Gambar 2. 6 Definisi untuk perhitungan profil muka air dengan metode tahapan langsung.....	28
Gambar 3. 1 Diagram Alir (Flow Chart).....	33
Gambar 4. 1 Skema aliran saluran drainase Jalan Lingkar Luar Timur.....	78

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam mengatasi kemacetan pemerintah kota Surabaya mengadakan pembangunan Jalan Lingkar Luar Timur. Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya adalah salah satu jalan yang menghubungkan Jembatan Tol Suramadu hingga ke Gunung Anyar yang nantinya akan terhubung ke Bandara Juanda dengan panjang jalan ± 50 kilometer (km). Pembangunan jalan ini diharapkan agar aktivitas masyarakat tidak terhambat yang disebabkan oleh kemacetan. Nantinya jalan ini akan mengakibatkan berubahnya fungsi guna lahan pada daerah yang dilewati jalan tersebut sehingga mengurangi kapasitas lahan sebagai fungsi resapan penampung air hujan, dan bisa mengakibatkan genangan apabila air hujan yang jatuh di atas jalan tidak dialirkan dengan baik.

Kondisi sekarang belum dimulai proses pembangunan jalan untuk jalan lingkar luar timur tahap I (Sta -0+200 hingga 5+700) sebab masih terkendala untuk pembebasan lahannya. Dalam perencanaannya pembangunan jalan ini melewati beberapa pemukiman, jalan, saluran drainase beserta beberapa lahan warga yang berupa sawah maupun tambak.

Dalam pembangunan jalan ada beberapa faktor yang harus diperhatikan yang dapat mengganggu fungsi dari jalan tersebut. Faktor yang paling penting yaitu adanya kerusakan jalan yang disebabkan oleh genangan air dari limpasan air hujan yang tidak dialirkan dengan baik oleh sistem drainase jalan tersebut. Selain dapat merusak jalan yang ada, genangan air juga dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan dan juga kemacetan. Dalam perencanaannya, jalan ini melewati beberapa sungai yang nantinya akan menjadi saluran pembuang untuk saluran drainase jalan ini. Oleh karena itu sungai yang menerima debit limpasan dari drainase jalan perlu ditinjau lagi agar tidak terbebani, serta sebagai bahan pertimbangan untuk penentuan elevasi.

Tugas akhir ini bertujuan untuk bagaimana perencanaan drainase jalan lingkaran luar timur tahap I (Sta -0+200 hingga 5+700) untuk mencegah genangan yang nantinya dapat menyebabkan kerusakan jalan, kemacetan, dan juga kecelakaan. Lokasi dari tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 1.1 yaitu peta lokasi untuk perencanaan jalan lingkaran luar timur tahap I (Sta -0+200 hingga 5+700).

1.2 Rumusan Masalah

Secara umum berdasarkan latar belakang di atas, maka terdapat beberapa masalah yang harus dibahas antara lain:

1. Bagaimana perencanaan sistem aliran saluran drainase jalan Lingkaran Luar Timur Surabaya?
2. Berapakah debit banjir rencana yang digunakan untuk merencanakan saluran drainase jalan Lingkaran Luar Timur Surabaya ?
3. Berapakah kebutuhan dimensi saluran drainase jalan Lingkaran Luar Timur Surabaya agar dapat menampung debit banjir rencana?
4. Berapa dimensi gorong-gorong untuk sungai yang terpotong jalan?
5. Apakah sungai mampu menerima debit limpasan dari saluran drainase jalan Lingkaran Luar Timur Surabaya ?
6. Berapakah kebutuhan tinggi elevasi saluran drainase agar tidak terjadi back water dari sungai?

1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, permasalahan yang ada dibatasi pada pokok-pokok pembahasan sebagai berikut:

1. Lokasi studi adalah pembangunan jalan Lingkaran Luar Timur Surabaya tahap I (Sta -0+200 hingga 5+700).

2. Menghitung debit banjir rencana pada saluran drainase jalan Lingkar Luar Timur Surabaya yang berasal dari data curah hujan.
3. Tidak merencanakan perkerasan jalan raya.
4. Tidak menghitung anggaran biaya dalam pembangunannya.
5. Tidak memperhitungkan terjadinya sedimentasi pada saluran drainase jalan.
6. Tidak memperhitungkan aspek sosialnya.
7. Tidak memperhitungkan debit air kotor.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut ini:

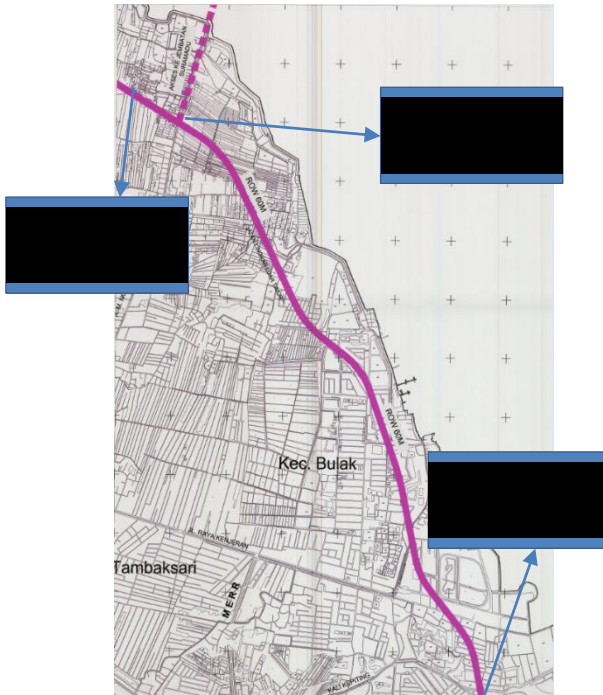
1. Mendapatkan perencanaan sistem aliran saluran drainase jalan Lingkar Luar Timur Surabaya.
2. Mendapatkan besar debit banjir rencana yang digunakan untuk merencanakan saluran drainase jalan Lingkar Luar Timur Surabaya.
3. Mendapatkan kebutuhan dimensi saluran drainase jalan Lingkar Luar Timur Surabaya yang mampu menampung debit banjir rencana.
4. Mendapatkan dimensi gorong-gorong untuk sungai yang terpotong jalan.
5. Mendapatkan besar pengaruh debit limpasan saluran drainase jalan terhadap sungai
6. Mendapatkan tinggi elevasi saluran drainase jalan yang sesuai agar tidak terjadi *backwater* dari sungai.

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapat dari tugas akhir ini adalah dapat merencanakan sistem drainase agar tidak menimbulkan banjir di muka jalan lingkar luar timur dan juga tidak membebani sungai eksisting.

1.6 Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan jalan lingkar luar timur Sta - 0+200 hingga 5+700 yang berada di sepanjang Kec. Kenjeran, Kec. Bulak, Kec. Tambaksari. (dapat dilihat pada gambar 1.1)



(sumber: PU bina marga dan Pematusan)

Gambar 1. 1 Lokasi penelitian Sta -0+200 sampai dengan 5+700

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penentuan Hujan Kawasan

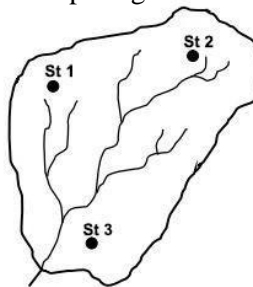
Stasiun penakar hujan hanya memberikan kedalaman hujan di titik mana stasiun tersebut berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukur yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat di masing-masing stasiun tidak sama.

Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode berikut yaitu:

2.1.1 Metode Aritmatika (Aljabar)

Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada di dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga masih bisa diperhitungkan.

Contoh pengukuran hujan rerata Aritmetik dengan beberapa stasiun hujan bisa di lihat seperti gambar 2.1



Gambar 2. 1 Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Aljabar.

Metode rerata Aljabar memberikan hasil yang baik apabila

:

- Stasiun tersebar secara merata di DAS.
- Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

Hujan rerata pada seluruh DAS diberikan oleh bentuk berikut :

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \quad (2.1)$$

Dengan:

R = Curah hujan rerata tahunan (mm)

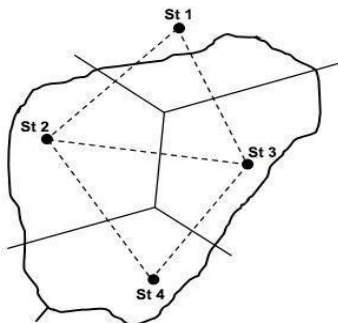
n = jumlah stasiun yang digunakan

$R_1 + R_2 + R_3 + R_n$ = Curah hujan rerata tahunan di tiap titik (mm)

2.1.2 Metode Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari setiap stasiun.

Contoh pengukuran hujan rerata Thiessen dengan beberapa stasiun hujan bisa di lihat seperti gambar 2.2



Gambar 2. 2 Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Poligon Thiessen

Metode Poligon Thiessen ini banyak digunakan untuk menghitung rerata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan, seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi Poligon Thiessen yang baru.

Perhitungan Polygon Thiessen adalah sebagai berikut :

$$R_{rata - rata} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.2)$$

Dengan:

\bar{R} = Curah hujan rata – rata

R_1, R_2, R_n = Curah hujan pada stasiun 1, 2,, n

A_1, A_2, A_n = Luas daerah pada polygon 1, 2,, n

2.1.3 Metode Ishoyet

Ishoyet adalah garis yang menunjukkan tempat kedudukan dari harga tinggi hujan yang sama. Cara ini diperoleh dengan cara interpolasi harga-harga tinggi hujan local. Hujan rata-rata daerah aliran dapat dihitung sebagai berikut

2.2 Analisis Distribusi Frekuensi

Penentuan jenis distribusi frekuensi digunakan untuk mengetahui suatu rangkaian data cocok untuk suatu sebaran tertentu dan tidak cocok untuk sebaran lain. Untuk mengetahui kecocokan terhadap suatu jenis sebaran tertentu, perlu dikaji terlebih dahulu ketentuan-ketentuan yang ada, yaitu meliputi:

1. Menghitung parameter-parameter statistik C_s dan C_k . (untuk menentukan macam analisis frekuensi yang dipakai).
2. Koefisien kepengcengan / skewness (C_s) dihitung menggunakan persamaan:

$$C_s = \frac{n \sum (\log X - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S \log X)} \quad (2.3)$$

Dengan :

N = jumlah data

X_i = Nilai varian ke i

X	= Nilai rata-rata varian
Cs	= Koefisien <i>Skewness</i>
S	= Deviasi standart

3. Koefisien kepuncakan / curtosis (Ck) dihitung menggunakan persamaan:

$$Ck = \frac{n^2 \sum (Xi - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (2.4)$$

Dengan :

Ck	= Koefisien Kurtosis
Xi	= Nilai varian ke i
X	= Nilai rata-rata varian
n	= Jumlah data
S	= Deviasi standar

Persyaratan dalam pemakaian distribusi frekuensi bisa dilihat dalam tabel 2.1

Tabel 2. 1 Persyaratan Pemilihan Jenis Distribusi/Sebaran Frekuensi

No	Saluran	Syarat
1	Normal	Cs = 0
2	Log Normal	Cs = 3 Cv =
3	Gumbel	Cs = 1,1396 Ck = 5,4002
4	Bila tidak ada yang memenuhi syarat digunakan sebaran Log Person Type III	

(Sumber : Soewarno, 1995)

2.3 Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana merupakan prediksi terjadinya curah

hujan ekstrem yang terjadi pada periode ulang tertentu. Adapun metode yang dipakai diantaranya :

2.3.1 Metode Distribusi Normal

Rumusan yang dipakai adalah

$$X = \bar{X} + k \cdot S \quad (2.5)$$

Dimana:

X = nilai varian yang diharapkan terjadi

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung curah hujan

S = Standart deviasi

k = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari pada peluang atau periode ulang dan tipe model matematik dari distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang

Tabel 2. 2 Tabel Nilai variable reduksi *Gauss*

Periode Ulang	Peluang	k
1.001	0.999	- 3.05
1.11	0.900	- 1.28
2	0.500	0
2.5	0.400	0.5
3.33	0.300	0.52
4	0.250	0.67
5	0.200	0.84
10	0.100	1.28
20	0.051	1.64
50	0.020	2.05
100	0.010	2.33
200	0.005	2.58
500	0.002	2.88

1000	0.001	3.09
------	-------	------

(Soewarno, 1995. Hal 116)

2.3.2 Metode Distribusi Gumbel

Rumusan yang dipakai adalah :

$$X = \bar{X} + k \cdot S \quad (2.6)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (2.7)$$

$$Y_t = -\ln \left[-\ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right], \text{ untuk } T > 20, \text{ maka } Y_t = \ln T \quad (2.8)$$

Dimana:

X = nilai varian yang di harapkan terjadi

\bar{X} = nilai rata-rata hitung varian

S = Standar deviasi

Y_t = nilai reduksi varian dari variable yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu (hubungan antara periode ulang T dan Y dapat dilihat pada tabel)

Y_n = nilai rata-rata dari reduksi varian, nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada table 2.3

S_n = deviasi standart dari reduksi varian nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada table 2.3

Untuk mencari nilai besaran Y_n dan S_n dapat dilihat pada

Tabel 2.3 berikut

Tabel 2. 3 Hubungan reduksi variat rata-rata (Y_n) dan deviasi standar (S_n) terhadap jumlah data (n)

n	Y_n	S_n
10	0,4592	0,9496
11	0,4996	0,9676
12	0,5053	0,9933
13	0,5070	0,9971
14	0,5100	1,0095
15	0,5128	1,0206

16	0,5157	1,0316
17	0,5181	1,0411
18	0,5202	1,0493
19	0,5220	1,0565
20	0,5236	1,0628
21	0,5252	1,0696
22	0,5268	1,0754
23	0,5283	1,0811
24	0,5296	1,0864
25	0,5309	1,0915
26	0,5320	1,1961
27	0,5332	1,1004
28	0,5343	1,1047
29	0,5353	1,1086
30	0,5362	1,1124

(Soewarno, 1995. Hal 127;128;129)

2.3.3 Metode Distribusi *Log Pearson III*

Untuk menghitung curah hujan rencana dalam periode ulang tertentu dengan metode distribusi *log person III* dapat melalui prosedur perumusan untuk menentukan kurva distribusi *Log Pearson III* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Ubah data ke dalam bentuk logaritmis, $X = \log X$
- 2) Hitung harga rata-rata :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log X}{n} \quad (2.9)$$

n = Jumlah data

- 3) Hitung nilai simpangan baku (deviasi standarnya) dari $\log X$:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}} \quad (2.10)$$

- 4) Hitung nilai koefisien kemencengan :

$$Cs = \frac{n \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \quad (2.11)$$

Cs = Nilai Kemencengan (lihat pada tabel 2.4)

Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus :

$$\text{Log } X = \overline{\log X} + k (\overline{S \log X}) \quad (2.12)$$

Dimana K adalah variable standar (*standardized variable*) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan (Cs) Tabel 2.4 memperlihatkan harga K untuk berbagai nilai koefisien kemencengan (Cs).

Tabel 2. 4 Tabel Koefisien Kemencengan

Koef. Kemencengan	Periode Ulang (Tahun)			
(CS)	2	5	10	25
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818

0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,716
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198
-1,6	0,254	0,817	0,995	1,116
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793
-3,0	0,396	0,636	0,666	0,666

(Sumber : Soewarno, 1995. Hal 143)

2.4 Uji Kecocokan Distribusi

Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah Chi- Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

2.4.1 Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan peluang (metode yang digunakan untuk mencari hujan rencana), dapat mewakili distribusi sampel data yang analisis.

Parameter yang digunakan untuk pengambilan keputusan uji ini adalah X^2h , sehingga disebut Uji Chi-Kuadrat. Parameter X^2h dapat dihitung dengan rumus:

$$X^2h = \frac{n \sum (O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.13)$$

Dimana : X^2h = Harga Chi-Kuadrat

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada Sub Kelompok Ke-1
Parameter x^2h merupakan Variabel acak

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

Prosedur perhitungan uji Chi Kuadrat adalah :

- 1) Urutkan data pengamatan (dari yang terbesar ke yang terkecil atau sebaliknya).
- 2) Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal empat data pengamatan.
- 3) Jumlah data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grup.
- 4) Jumlah data pengamatan sebesar distribusi yang digunakan sebesar:

$$E_i = \frac{\sum O_i}{\sum \text{Sub}} \quad (2.14)$$

- 5) Tiap-tiap sub grup hitung nilai : $(O_i - E_i)$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E}$
- 6) Jumlahkan seluruh G sub grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E}$
- 7) Menentukan derajat kebebasan. Rumus derajat kebebasan adalah :

$$DK = K - (R + 1) \quad (2.15)$$

Dimana :

DK = Derajat kebebasan

K = Banyaknya kelas

R = Banyak keterkaitan (biasanya diambil R=2 untuk distribusi normal dan binomial dan R=1 untuk distribusi *Poisson* dan *Gumbel*)

Interpretasi hasil uji adalah sebagai berikut :

- 1) Apabila peluang lebih dari 5 %, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima.
- 2) Apabila peluang kurang dari 1 %, maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima.
- 3) Apabila peluang berada di antara 1% - 5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu data tambahan.

Tabel 2. 5 Nilai kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat (uji satu sisi)

Dk	α derajat kebebasan		
	0,05	0,025	0,01
1	3,841	5,024	6,635
2	5,991	7,378	9,21
3	7,815	9,348	11,345
4	9,488	11,143	13,277
5	11,07	12,832	15,086
6	12,592	14,449	16,812
7	14,067	16,013	18,475
8	15,507	17,535	20,09
9	16,919	19,023	21,666
10	18,307	20,483	23,209

(Sumber: Soewarno, 1995: 223)

2.4.2 Uji Smirnov – Kolmogorov

Uji *Smirnov–Kolmogorov* sering juga disebut uji kecocokan non parametik (*non parametric test*). Karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Prosedur Uji *Smirnov–Kolmogorov* adalah :

- 1) Urutkan data pengamatan (dari data terbesar sampai yang terkecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang masing-masing data tersebut.

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$\begin{aligned}
 X_m &= P(X_m) \\
 X_n &= P(X_n) \\
 P(X_n) &= \frac{m}{n+1} \text{ dan } P(X_m) = 1 - P(X_i) \text{_____} (2.16)
 \end{aligned}$$

Dimana : $P(X)$ = Peluang
 m = Nomor urut kejadian
 n = Jumlah data

- 2) Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dan hasil penggambaran data (persamaan distribusi).

$$\begin{aligned}
 X_1 &= P'(X_1) \\
 X_2 &= P'(X_2) \\
 X_m &= P'(X_m) \\
 X_n &= P'(X_n)
 \end{aligned}$$

$$F(t) = \frac{X - \bar{X}}{S_d} \text{ dan } P'(X_i) = 1 - P'(X_m) \text{_____} (2.17)$$

Dimana : $P'(X_m)$ = Peluang teoritis yang terjadi pada nomor ke- m yang didapat dari tabel

X = Curah hujan harian
 \bar{X} = Curah hujan rata-rata
 $F(t)$ = Distribusi normal standard

- 3) Tentukan selisih terbesar dari peluang pengamatan dengan peluang teoritis dari kedua nilai peluang tersebut.

$$D_{\text{maks}} = [P(X_m) - P'(X_m)] \text{_____} (2.18)$$

- 4) Tentukan harga D_o berdasarkan tabel nilai kritis *Smirnov-Kolmogorov*.

Berdasarkan tabel 2.6 nilai kritis *Smirnov-Kolmogorov test*, tentukan harga D_o dengan ketentuan :

- Apabila $D_{\text{max}} < D_o$, maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan distribusi dapat diterima.
- Apabila $D_{\text{max}} > D_o$, maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan distribusi tidak dapat diterima. Nilai kritis D_o bisa dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Nilai kritis untuk Smirnov – Kolmogorov

N	Derajat kepercayaan, α			
	0,20	0,10	0,05	0,01

5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

(Sumber: Bonnier, 1980)

2.5 Koefesien Pengaliran

Koefesien pengaliran merupakan perbandingan antara limpasan air hujan dengan total hujan penyebab limpasan. Koefesien pengaliran pada suatu daerah dipengaruhi oleh kondisi karakteristik sebagai berikut :

- Kondisi hujan
- Luas dan bentuk daerah pengaliran
- Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai
- Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
- Kebasahan tanah
- Tata guna lahan

Untuk menentukan koefesien pengaliran rata – rata, rumus yang digunakan adalah :

$$C = \frac{A_1C_1 + A_2C_2 + \dots + A_nC_n}{A_{\text{total}}} \quad (2.19)$$

Dimana : C = Koefesien aliran rata – rata

An = Luas Daerah pengaruh hujan ke – n (km²)

Cn = Koefesien aliran pada tata guna lahan (lihat pada

tabel 2.7)
 A = Luas total DAS (km²)

Tabel 2. 7 Koefisien aliran

Kondisi Daerah Aliran	Koefesien Aliran (C)		
Rerumputan	0,05	-	0,35
Bisnis	0,50	-	0,95
Perumahan	0,25	-	0,75
Industri	0,50	-	0,90
Pertamanan	0,10	-	0,25
Tempat Bermain	0,20	-	0,35
Daerah Pegunungan berlereng terjal	0,75	-	0,90
Daerah perbukitan	0,70	-	0,80
Tanah bergelombang dan bersemak - semak	0,50	-	0,75
Tanah dataran yang digarap	0,45	-	0,65
Persawahan irigasi	0,70	-	0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75	-	0,85
Sungai kecil di dataran	0,45	-	0,75
Sungai yang besar dengan wilayah aliran lebih dari seperduanya terdiri dari dataran	0,50	-	0,75

(Sumber : Loebis, 1984)

2.6 Perhitungan Intensitas Hujan

Intensitas Hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan persatuan waktu, yang tergantung dari lama hujan dan frekuensi kejadiannya, yang diperoleh dari analisa data hujan. Perhitungan intensitas hujan tergantung dari data yang tersedia. Hubungan intensitas waktu hujan yang banyak dirumuskan pada umumnya tergantung dari parameter kondisi setempat.

Bila proses pendinginan terjadi secara besar-besaran maka butir-butir air akan jatuh sebagai hujan (Presipitasi). Sebenarnya

presipitasi yang terjadi dapat juga berupa salju, embun dan sebagainya. Derasnya hujan tergantung dari banyaknya uap air yang terkandung didalam udara. Pada umumnya, semakin deras hujannya, maka semakin pendek waktunya, oleh karena itu setelah sebagian uap air mengkondesir udara semakin kering maka deras hujannya berubah dengan waktu.

Data dari alat hujan penangkar hujan manual; data hujan harian atau data hujan 24 jam, menggunakan rumus yang digunakan adalah rumus *Mononobe* :

- Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad (2.20)$$

Dimana: I = Intensitas Hujan (mm/jam)
 R_{24} = Tinggi hujan maksimum dalam 24 jam (mm)
 t = Waktu hujan (jam)

Data dari alat penangkar hujan otomatis, data hujan dengan satuan jam, rumus yang digunakan adalah rumus-rumus empiris:

- Talbot

$$I_t = \frac{a}{t+b} \quad (2.21)$$

Dimana: I_t = Intensitas Hujan (mm/jam)
 t = Waktu konsentrasi (menit)
 a, b, n = Koefisien yang dihitung dari pengolahan data hujan

Ishiguro

$$I_t = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad (2.22)$$

Dimana: I_t = Intensitas Hujan (mm/jam)
 t = Waktu konsentrasi (menit)
 a, b, n = Koefisien yang dihitung dari pengolahan data hujan

- Sherman

$$I_t = \frac{a}{t^n} \quad (2.23)$$

Dimana:

I_t	=	Intensitas Hujan (mm/jam)
t	=	Waktu konsentrasi (menit)
a, b, n	=	Koefisien yang dihitung dari pengolahan data hujan

2.7 Perhitungan Waktu Konsentrasi

Kirpich (1940) dalam Suripin (2004) mengembangkan rumus dalam memperkirakan waktu konsentrasi, dimana dalam hal ini durasi hujan diasumsikan sama dengan waktu konsentrasi. Rumus waktu konsentrasi tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$tc = to + tf \quad (2.24)$$

Dengan:

t_c = waktu konsentrasi (*jam*)

t_o = *overland flow time (inlet time)* adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah, dari titik terjauh pada suatu daerah pengaliran (*catchment area*) sampai ke sistem saluran yang ditinjau.

t_f = *Channel flow time* adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai ke titik control di bagian hilir yang ditinjau.

2.7.1 Overland flow time (t_o)

$$\text{Kirpich Formula} \rightarrow t_o = 0.0195 \left(\frac{L_o}{\sqrt{I_o}} \right)^{0.77} \quad (2.25)$$

Dimana :

L_o = Jarak titik terjauh lahan terhadap sistem saluran yang ditinjau.

I_o = Kemiringan rata-rata permukaan tanah kearah saluran yang ditinjau.

n = koefisien kekasaran permukaan tanah menurut Kerby

(misal : tanah licin, $n = 0,02$. Tanah berumput, $n = 0,40$. Dst)

$$\text{Kerby Formula} \rightarrow t_o = 1,44 \times \left(l_o \times \frac{nd}{\sqrt{S_o}} \right)^{0,467} \quad (2.26)$$

Dimana : l_0 = Jarak dari titik terjauh ke inlet (m)
 nd = Koefisien hambatan setara koefisien kekasaran
 S_0 = Kemiringan daerah pengaliran

2.7.2 Channel flow time (tf)

$$tf = \frac{L}{V} \quad (2.27)$$

Dimana :

L = Panjang saluran (meter)
 V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/det)

Tabel 2. 8 Kecepatan Aliran rata-rata untuk Saluran Alam

Kemiringan rata-rata dasar sungai (%)	Kecepatan rata-rata (m/detik)
< 1	0,40
1 – 2	0,60
2 – 4	0,90
4 – 6	1,20
6 – 10	1,50
10 - 15	2,40

(Sumber : Suripin, 2003)

2.8 Perhitungan Debit

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode Rasional.

$$Q = 0,278 C \cdot I \cdot A \quad (2.28)$$

Dimana:

Q = laju aliran permukaan (debit) puncak (m^3/dt)
 C = koefisien aliran permukaan ($0 < C < 1$)
 I = intensitas hujan (mm/jam)
 A = luas DAS (km^2)

2.9 Perhitungan Dimensi Saluran

Perencanaan saluran drainase harus berdasarkan perhitungan debit yang akan ditampung oleh daerah tersebut dan kondisi lapangan. Batasan dalam perencanaan saluran adalah sebagai berikut :

a. Dalamnya aliran, luas penampang lintasan aliran, kecepatan aliran serta debit selalu tetap setiap penampang melintang.

b. Bentuk penampang saluran drainase dapat merupakan saluran terbuka maupun saluran tertutup tergantung dari kondisi eksisting.

Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus Manning, karena rumus ini mempunyai bentuk yang sangat sederhana tetapi memberikan hasil yang sangat memuaskan.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (2.29)$$

$$Q = A \cdot V \quad (2.30)$$

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (2.31)$$

Dimana :

Q = Debit saluran (m^3/detik)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

A = Luas penampang basah saluran (m^2)

n = Koefisien kekasaran dinding dan dasar saluran

R = Jari-jari hidrolis saluran = $\frac{A}{P}$ (m)

I = Kemiringan dasar saluran

Nilai kekerasan Manning dapat menjadi kekasaran gabungan apabila dalam suatu saluran ada lebih dari satu jenis bahan yang menyusun saluran tersebut. Misalnya saluran yang terbuat dari pasangan batu kali pada dinding sedangkan dasar saluran adalah tanah, untuk menentukan nilai kekasaran Manning gabungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$n_{gabungan} = \frac{(P_1 n_1^2 + P_2 n_2^2 + \dots + P_n n_n^2)^{1/2}}{P^{1/2}} \quad (2.32)$$

Dimana :

P = Keliling basah

n = Nilai kekasaran Manning

Harga koefisien Manning didapat berdasarkan lapisan bahan permukaan saluran yang diinginkan dan dapat dilihat pada tabel 2.9 di bawah ini :

Tabel 2. 9 Nilai Koefisien Manning

Material Saluran	Koefisin Kekasaran
Plester halus	0,001 - 0,013
Plester kasar	0,011 - 0,015
Beton dipoles sedikit	0,013 - 0,016
Beton dipoles dengan sendok kayu	0,011 - 0,015
Batu teratur dengan semen	0,015 - 0,020
Batu bata dengan semen	0,012 - 0,018
Batu tidak teratur dengan semen	0,017 - 0,024
Pasangan batu pecah disemen	0,017 - 0,030
Tanah dengan sedikit tanaman pengganggu	0,022 - 0,033
Tanah dengan banyak tanaman pengganggu	0,030 - 0,040

(Sumber: Triatmodjo, 1993)

2.10 Bentuk Saluran

- Penampang Saluran Segi Empat

$$Q = V.A \quad (2.33)$$

Dimana :

Q = Debit Saluran (m^3/detik)

W = Tinggi jagaan (m)

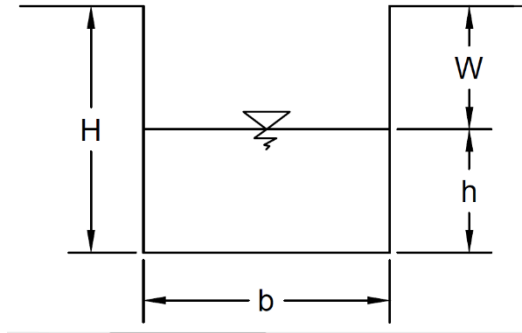
Q = Debit Saluran (m^3/detik)

A = Luas penampang basah saluran (m^2) = $b \times h$

P = Keliling basah = $b + 2h$

R = Jari-jari hidrolis saluran (m) = A/P

V = Kecepatan aliran (m/detik)



Gambar 2. 3 Dimensi saluran penampang persegi

- Penampang Saluran Trapesium

$$Q = V \cdot A \quad (2.34)$$

Dimana :

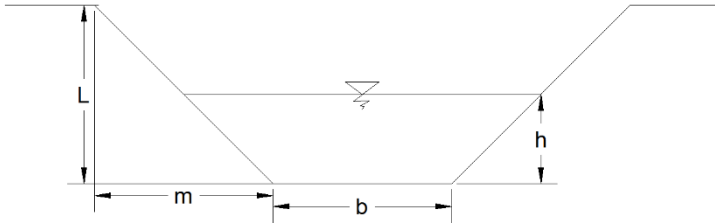
Q = Debit Saluran (m^3/detik)

A = Luas penampang basah saluran (m^2) = $(b + mh)h$

P = Keliling basah = $b + 2h\sqrt{1 + m^2}$

R = Jari-jari hidrolis saluran (m) = A/P

V = Kecepatan aliran (m/detik)



Gambar 2. 4 Dimensi saluran penampang trapesium

- Penampang Saluran Lingkaran

$$Q = V \cdot A \quad (2.35)$$

Dimana :

Q = Debit Saluran (m^3/detik)

B = Lebar puncak (m) = $\left(\sin \frac{\phi}{2}\right) \times d$

D = Kedalaman Hidraulik (m) = $\frac{A}{B}$

A = Luas penampang basah saluran (m^2) = $\frac{1}{8} \times (\phi - \sin \phi) \times d^2$

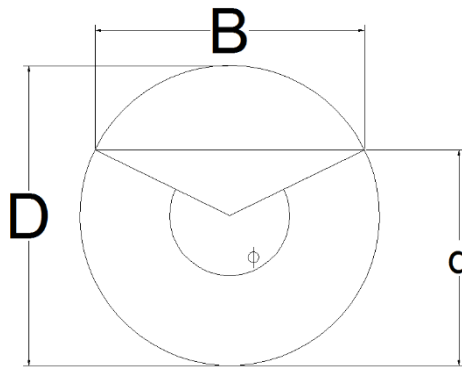
P = Keliling basah = $\frac{1}{2} \times \phi \times d$

R = Jari-jari hidrolis saluran (m) = $\frac{1}{4} \times \left(1 - \frac{\sin \phi}{\phi}\right) \times d$

V = Kecepatan aliran (m/detik)

$$\text{Aliran bebas (v)} = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (2.36)$$

$$\text{Aliran tertekan (v)} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (2.37)$$



Gambar 2. 5 Dimensi saluran penampang lingkaran

2.11 Gorong-gorong

2.11.1 Fungsi

Fungsi gorong-gorong adalah mengalirkan air melewati jalan raya, jalur rel kereta api, atau timbunan lainnya. Untuk itu desain untuk gorong-gorong juga harus mempertimbangkan faktor hidrolis dan struktur supaya gorong-gorong dapat berfungsi mengalirkan air dan mempunyai daya dukung terhadap beban lalu lintas dan timbunan tanah.

2.11.2 Tipe/Jenis Konstruksi

Mengingat fungsinya maka gorong-gorong disarankan dibuat dengan konstruksi yang permanen (pipa/kotak beton, pasangan batu, aluminium gelombang, baja gelombang, dll) dan desain umur rencana 10 tahun.

2.11.3 Komposisi Gorong-gorong

Adapun bagian utama gorong-gorong yang terdiri atas :

- a. Pipa : Kanal air utama
- b. Tembok kepala:
 - Tembok yang menopang ujung dan lereng jalan
 - Tembok penahan yang dipasang bersudut dengan

tembok kepala, untuk menahan bahu dan kemiringan jalan.

c. Apron (dasar) :

Lantai dasar dibuat pada tempat masuk untuk mencegah terjadinya erosi dan dapat berfungsi sebagai dinding penyekat lumpur.

2.11.4 Penempatan gorong-gorong

Dalam perencanaan jalan, penempatan dan penentuan jumlah gorong-gorong harus diperhatikan terhadap fungsi dan medan pada lokasi penempatan. Agar dapat berfungsi dengan baik, maka gorong-gorong ditempatkan pada :

- a. Lokasi jalan memotong aliran air.
- b. Daerah cekung, tempat air dapat menggenang.
- c. Tempat kemiringan jalan yang tajam, tempat air dapat merusak lereng dan badan jalan.
- d. Kedalaman gorong-gorong yang aman terhadap permukaan jalan minimum 60 cm.

2.11.5 Perhitungan Dimensi Gorong-gorong

- a. Untuk menentukan dimensi gorong-gorong dapat dipakai rumus :

$$A = \frac{Q}{V} \text{-----} (2.38)$$

Dimana :

A = Luas Penampang (m²)

Q = Debit (m³/det)

V = Kecepatan Aliran (m/dt)

2.12 Profil Muka Air

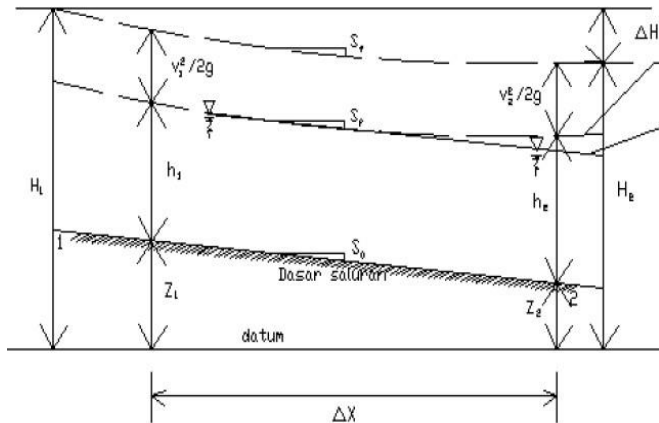
- o Metode Tahapan Langsung (direct step method)

$$z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f \text{-----} (2.39)$$

Dimana :

z = ketinggian dasar saluran dari saluran dari garis referensi

- h = kedalaman air dari dasar saluran
 V = kecepatan rata-rata
 g = percepatan gravitasi
 h_f = kehilangan energi karena gesekan dasar saluran



Gambar 2. 6 Definisi untuk perhitungan profil muka air dengan metode tahapan langsung

BAB III METODOLOGI

3.1 Umum

Bab ini merupakan rangkaian kegiatan yang perlu dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir. Langkah-langkah yang dilakukan antara lain:

- Studi literatur.
- Melakukan survey.
- Merumuskan masalah berdasar latar belakang.
- Menentukan kebutuhan data.
- Mengumpulkan data dari instansi-instansi yang dapat menjadi sumber data.
- Pembuatan proposal penyusunan tugas akhir.
- Mengolah data yang sudah ada.
- Merencanakan saluran drainase.
- Merencanakan saluran drainase jalan berdasarkan data yang telah diolah.
- Merencanakan gorong-gorong untuk sungai yang dilewati jalan Lingkar Luar Timur Surabaya.
- Cek elevasi saluran drainase terhadap sungai.

3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah metode yang digunakan dengan cara mencari karya tulis, laporan serta jurnal yang berhubungan dengan pembahasan tugas akhir.

3.1.2 Konsep Perencanaan

Konsep perencanaan saluran drainase jalan Lingkar Luar Timur Surabaya sebagai berikut:

- Merencanakan saluran drainase berdasarkan layout jalan.
- Merencanakan dimensi sesuai dengan debit banjir rencana.
- Sungai yang dilewati jalan akan dibangun gorong-gorong.

- Air yang berada pada saluran drainase jalan Lingkar Luar Timur, akan dialirkan menuju sungai yang sesuai dengan perencanaan.
- *Catchment area* yang ditinjau tidak hanya daerah kawasan studi saja, namun juga memperhitungkan DAS dari sungai yang dilewati jalan Lingkar Luar Timur Surabaya.
- *Backwater* dari sungai juga perlu di tinjau lagi untuk penentuan elevasi saluran drainase jalan.

3.1.3 Survey Lapangan

Kegiatan ini perlu dilakukan untuk mendapatkan gambaran untuk perencanaan di lapangan sesuai dengan data yang didapat.

3.1.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk mendapatkan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Adapun peranan instansi yang terkait sangat diperlukan sebagai pendukung dalam memperoleh data-data yang diperlukan. Berikut merupakan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengumpulan data:

- a. Jenis data, adapun jenis data yang harus dipenuhi antara lain:
 - Data Hidrologi
 - Data curah hujan 10 tahun
 - Data Hidrolika
 - Gambar potongan memanjang rencana jalan
 - Gambar potongan melintang rencana jalan
 - Koefisien manning
 - Data penampang sungai
 - Data Peta
 - Peta stasiun hujan
 - *Layout* jalan Lingkar Luar Timur Surabaya
 - Peta tata guna lahan
- b. Jumlah data yang harus dikumpulkan harus sesuai dengan kebutuhan.

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Metode Literatur
Yaitu mengumpulkan, mengidentifikasi dan mengolah data tertulis dengan metode kerja yang digunakan.
- b. Metode Observasi
Dengan cara survey langsung ke lapangan, untuk mengamati kondisi asli di lapangan sehingga mendapatkan gambaran sebagai acuan perencanaan.

3.1.5 Analisa Pengolahan Data

Analisa dan pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang diperlukan. Lalu dikelompokkan sesuai identifikasi tujuan permasalahan, sehingga diperoleh penganalisaan solusi yang efektif dan tepat. Adapun analisa data yang dilakukan adalah :

- Analisa Hidrologi
- Analisa Hidrolika

3.1.6 Tahap Perencanaan

Dari data yang telah diolah sebelumnya akan mendapatkan perencanaan yang sesuai dengan kebutuhan yang ada, diantaranya :

- a. Perencanaan saluran drainase jalan..
- b. Perencanaan dimensi saluran drainase jalan.
- c. Perencanaan gorong-gorong untuk sungai yang dilewati jalan.
- d. Perencanaan fasilitas drainase serta dimensinya.

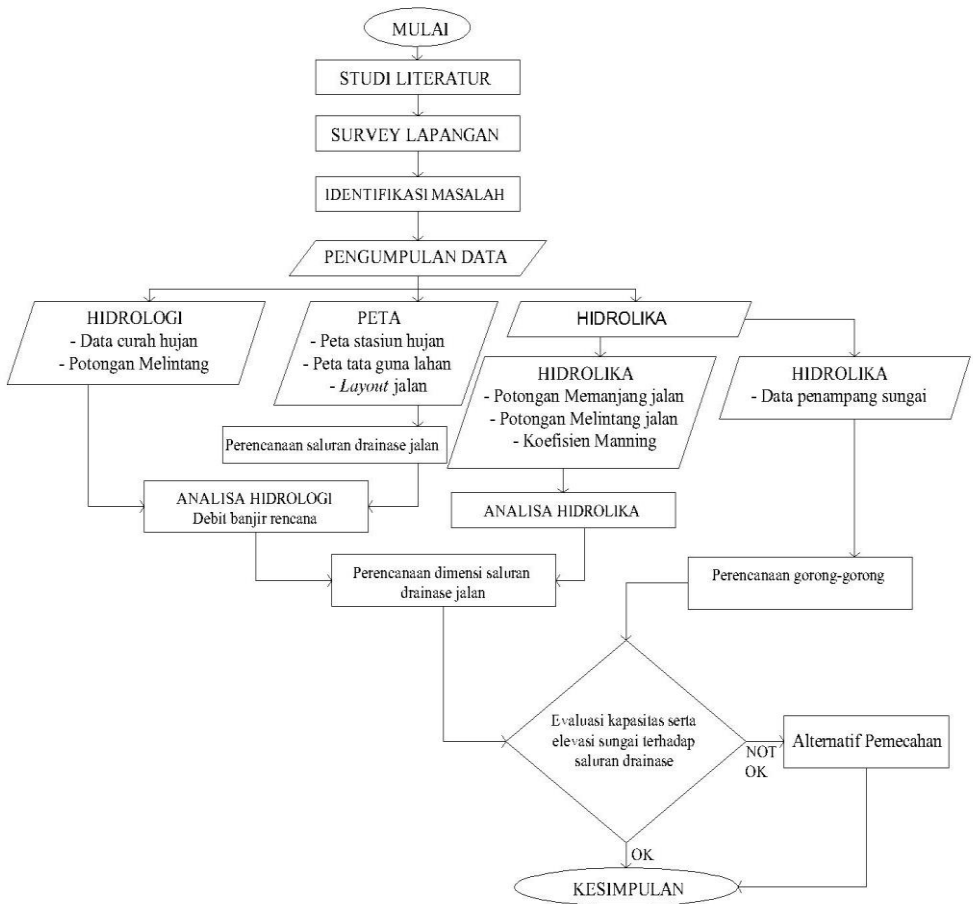
3.1.7 Pengecekan Elevasi

Untuk saluran drainase jalan bagian hilir yang terhubung langsung dengan sungai perlu dicek elevasinya, elevasi saluran drainase harus lebih tinggi dari elevasi sungai agar tidak terjadi back water.

3.2 Hasil dan Kesimpulan

Dari hasil perencanaan akan didapatkan dimensi saluran drainase Jalan Lingkar Luar Timur yang sesuai dengan debit banjir rencana serta sistem pengalirannya, debit yang dialirkan ke sungai tidak akan membebani sungai melebihi kapasitasnya serta tidak terjadi *backwater* dari sungai pada saluran drainase jalan.

3.3 Diagram Alir (*Flow Chart*)



Gambar 3. 1 Diagram Alir (*Flow Chart*)

BAB IV ANALISA PERHITUNGAN

4.1 Analisa Curah Hujan

Data hujan yang diperoleh dari stasiun hujan merupakan hujan yang terjadi pada satu titik saja. Untuk perhitungan hidrologi, dibutuhkan data hujan di kawasan yang ditinjau, sehingga memerlukan satu atau beberapa stasiun hujan. Ada 3 cara yang sering digunakan untuk mengubah data hujan tersebut. Cara-cara ini adalah Rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen, dan Ishoyet.

Ditinjau dari letak penakar stasiun hujannya yang tidak merata dan stasiun hujan yang terbatas, kondisi Topografi yang datar serta luas DAS yang bervariasi tiap sungainya, maka data hujan dihitung dengan rata-rata aljabar/aritmatik dan Poligon Thiessen.

4.1.1 Curah Hujan Rencana

Ada 4 (empat) stasiun hujan yang berpengaruh dengan daerah aliran secara keseluruhan pada studi ini, yaitu stasiun hujan Kedung Cowek, stasiun hujan Larangan, stasiun hujan Gubeng dan stasiun hujan Keputih namun berdasarkan luas DASnya kebutuhan stasiun hujan masing-masing sungai berbeda. Saluran Primer Jeblok dipengaruhi oleh 3 (tiga) stasiun hujan yaitu stasiun hujan Kedung Cowek, stasiun hujan Larangan dan stasiun hujan Gubeng. Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres dan Saluran Primer Lebak Indah dipengaruhi oleh 2 (dua) stasiun hujan yaitu stasiun hujan Kedung Cowek dan stasiun hujan Larangan. Saluran Sudetan Kenjeran dipengaruhi oleh 2 (dua) stasiun hujan yaitu stasiun hujan Gubeng dan stasiun hujan Larangan. Saluran Primer Kepiting dipengaruhi oleh 3 (tiga) stasiun hujan yaitu stasiun hujan Gubeng, stasiun hujan Larangan dan stasiun hujan Keputih.

Data curah hujan selama 16 tahun (2001-2016) yang digunakan adalah data curah hujan dari stasiun pengamatan hujan yang berpengaruh yaitu dari stasiun hujan Kedung Cowek, stasiun hujan Larangan, stasiun hujan Gubeng dan stasiun hujan Keputih. Data curah hujan tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah.

Untuk Saluran Primer Jeblokan dipengaruhi oleh 3 (tiga) stasiun hujan yaitu stasiun hujan Kedung Cowek, stasiun hujan Larangan dan stasiun hujan Gubeng.

Tabel 4. 1 Contoh data hujan Saluran Primer Jeblokan tahun 2016

Bulan	Stasiun Hujan		
	Gubeng	Larangan	Kedung Cowek
1	52	41	
2	81	79	
3	29	21	
4	64	67	
5	98	118	
6	14	12	
7	24	21	
8	14	8	
9	39	24	
10	72	71	
11	56	43	
12	74	49	

(Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Surabaya dan Stasiun Meteorologi Perak I Surabaya)

Tabel 4. 2 Luas daerah pengaruh stasiun hujan untuk Sungai Primer Jeblokan

Gubeng	=	13.78	km2
Larangan	=	10.88	km2
Kedung Cowek	=	7.36	km2
Total	=	32.02	km2

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Perhitungan curah hujan harian Saluran Primer Jeblokan pada bulan ke 1 tahun 2016:

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + A_n} \\
 &= \frac{13,78 \cdot 52 + 10,88 \cdot 41 + 7,36 \cdot 0}{13,78 + 10,88 + 7,36} \\
 &= 36,31 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 3 Perhitungan hujan harian rata-rata Saluran Primer Jeblokan tahun 2016 dengan metode *Polygon Thiessen*

Bulan	Stasiun Hujan			CH wilayah
	Gubeng	Larangan	Kedung Cowek	
1	52	41		36.31
2	81	79		61.70
3	29	21		19.62
4	64	67		50.31
5	98	118		82.27
6	14	12		10.10
7	24	21		17.46
8	14	8		8.74
9	39	24		24.94
10	72	71		55.11
11	56	43		38.71
12	74	49		48.50

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 4 Rekapitulasi perhitungan hujan harian untuk Saluran Primer Jeblokan

No	Tahun	CH max
1	2001	88.6696
2	2002	179.6839
3	2003	53.6715
4	2004	59.7089

5	2005	71.3410
6	2006	78.8857
7	2007	72.0999
8	2008	87.4428
9	2009	63.5935
10	2010	112.2861
11	2011	77.4822
12	2012	65.1118
13	2013	79.9363
14	2014	46.0212
15	2015	52.3254
16	2016	82.2698

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Untuk Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres dan Saluran Primer Lebak Indah dipengaruhi oleh 2 (dua) stasiun hujan yaitu stasiun hujan Kedung Cowek dan stasiun hujan Larangan.

Tabel 4. 5 Rekapitulasi perhitungan hujan harian untuk Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres dan Saluran Primer Lebak Indah

No	Tahun	CH max
1	2001	80.0000
2	2002	187.0000
3	2003	64.5000
4	2004	61.0000
5	2005	64.0000
6	2006	72.0000
7	2007	64.0000
8	2008	84.0000
9	2009	66.3616
10	2010	118.0000
11	2011	75.5000
12	2012	61.0000

13	2013	70.5000
14	2014	75.0000
15	2015	52.0000
16	2016	59.0000

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Untuk Saluran Sudetan Kenjeran dipengaruhi oleh 2 (dua) stasiun hujan yaitu stasiun hujan Gubeng dan stasiun hujan Larangan.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi perhitungan hujan harian untuk Saluran Sudetan Kenjeran

No	Tahun	CH max
1	2001	73.7289
2	2002	136.7008
3	2003	41.4966
4	2004	45.8232
5	2005	58.0094
6	2006	62.6071
7	2007	61.0668
8	2008	68.1349
9	2009	49.1761
10	2010	84.0137
11	2011	59.3235
12	2012	53.3891
13	2013	65.9151
14	2014	35.6777
15	2015	42.9013
16	2016	82.2698

Untuk Saluran Primer Kepiting dipengaruhi oleh 3 (tiga)

stasiun hujan yaitu stasiun hujan Gubeng, stasiun hujan Larangan dan stasiun hujan Keputih.

Tabel 4. 7 Rekapitulasi perhitungan hujan harian untuk Saluran Primer Kepiting

No	Tahun	CH max
1	2001	99.59
2	2002	148.56
3	2003	58.31
4	2004	55.43
5	2005	79.78
6	2006	106.07
7	2007	67.44
8	2008	87.16
9	2009	91.34
10	2010	98.95
11	2011	77.54
12	2012	74.56
13	2013	82.62
14	2014	92.88
15	2015	61.24
16	2016	137.18

4.2 Analisa Distribusi Frekuensi

Tujuan dari perhitungan curah hujan harian maksimum adalah untuk mendapatkan curah hujan rencana pada setiap periode ulang yang diinginkan. Sebelum menentukan metode apa yang digunakan untuk mengitung curah hujan rencana terkebih dahulu dilakukan analisa frekuensi terhadap data curah hujan.

4.2.1 Perhitungan Metode Distribusi Gumbel

Perumusan Metode Gumbel

$$X_t = \bar{X} + (K \times S)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Faktor probabilitas k untuk harga ekstrim Gumbel dapat dihitung dengan rumus:

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$n = 16$$

X_t = Besarnya curah hujan rencana pada periode ulang T tahun (mm)

\bar{X} = Curah hujan harian maksimum rata-rata selama tahun pengamatan (mm).

k = Faktor frekuensi.

X_i = Curah hujan masing-masing tahun pengamatan.

Y_t = *Reduced Variated.*

Y_n = *Reduced Mean.*(tabel 2.3)

S_n = *Reduced Standart Deviation.*(tabel 2.3)

4.2.1.1 Perhitungan Metode Gumbel untuk Saluran Primer Jeblokan:

- Perhitungan curah hujan harian maksimum rata-rata selama tahun pengamatan

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{1270,53 \text{ mm}}{16}$$

$$\bar{X} = 79,41 \text{ mm}$$

Selanjutnya untuk menghitung Standart Deviasi (S) perhitungan dapat dilanjutkan dalam tabel seperti pada tabel 4.8. Perhitungan S dapat dilihat dibawah ini.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{14770,54}{16-1}}$$

$$S = 31,3799$$

Tabel 4. 8 Perhitungan Cs, Ck dan Cv

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	(X-Xrat)	(X-Xrat)2	(X-Xrat)3	(X-Xrat)4
1	2001	88.6696	179.6839	100.28	10055.23	1008296.51	101107728.10
2	2002	179.6839	112.2861	32.88	1080.96	35539.86	1168479.20
3	2003	53.6715	88.6696	9.26	85.78	794.41	7357.38
4	2004	59.7089	87.4428	8.03	64.56	518.69	4167.51
5	2005	71.3410	82.2698	2.86	8.19	23.44	67.06
6	2006	78.8857	79.9363	0.53	0.28	0.15	0.08
7	2007	72.0999	78.8857	-0.52	0.27	-0.14	0.07
8	2008	87.4428	77.4822	-1.93	3.71	-7.14	13.76
9	2009	63.5935	72.0999	-7.31	53.41	-390.33	2852.62
10	2010	112.2861	71.3410	-8.07	65.08	-524.99	4235.18
11	2011	77.4822	65.1118	-14.30	204.38	-2921.94	41773.03
12	2012	65.1118	63.5935	-15.81	250.10	-3955.26	62550.97
13	2013	79.9363	59.7089	-19.70	388.06	-7644.45	150589.72
14	2014	46.0212	53.6715	-25.74	662.37	-17047.24	438738.18
15	2015	52.3254	52.3254	-27.08	733.47	-19864.44	537982.98
16	2016	82.2698	46.0212	-33.39	1114.69	-37215.92	1242524.49
Jumlah		1270.53	1270.53	0.00	14770.54	955601.18	104769060.34
rata2	79.41						
Sd	31.4						
Cs	2.36						
Ck	10.1						
Cv	0.4						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- Perhitungan Koefisien Keruncingan (Ck)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$$

$$C_k = \frac{16^2}{(16-1)(16-2)(16-3) \times 31,4^4} \times 104769060,34$$

$$C_k = 10,1$$

- Perhitungan Koefisien Kemencengan (Cs)

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$$

$$C_s = \frac{16}{(16-1)(16-2) \times 31,4^3} \times 955601,18$$

$$C_s = 2,36$$

- Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$C_v = \frac{31,4}{79,41}$$

$$C_v = 0,4$$

Hasil perhitungan analisa distribusi frekuensi dengan Metode Gumbel dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Perhitungan analisa distribusi frekuensi dengan Metode *Gumbel*

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	(X-Xrat)	(X-Xrat)2	(X-Xrat)3	(X-Xrat)4
1	2001	88.67	179.6839	100	10055	1008297	101107728
2	2002	179.68	112.2861	33	1081	35540	1168479
3	2003	53.67	88.6696	9	86	794	7357
4	2004	59.71	87.4428	8	65	519	4168
5	2005	71.34	82.2698	3	8	23	67
6	2006	78.89	79.9363	1	0	0	0

7	2007	72.10	78.8857	-1	0	0	0
8	2008	87.44	77.4822	-2	4	-7	14
9	2009	63.59	72.0999	-7	53	-390	2853
10	2010	112.29	71.341	-8	65	-525	4235
11	2011	77.48	65.1118	-14	204	-2922	41773
12	2012	65.11	63.5935	-16	250	-3955	62551
13	2013	79.94	59.7089	-20	388	-7644	150590
14	2014	46.02	53.6715	-26	662	-17047	438738
15	2015	52.33	52.3254	-27	733	-19864	537983
16	2016	82.27	46.0212	-33	1115	-37216	1242524
Jumlah		1270.53	1270.53	0	14771	955601	104769060
Rata-rata	79.41						
Sd	31.38						
n	16						
Yn	0.5157						
Sn	1.0316						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Perhitungan distribusi frekuensi Metode Gumbel

$$n = 16$$

$$Y_n = 0,5157 \text{ (dari tabel 4.9)}$$

$$S_n = 1,0316 \text{ (dari tabel 4.9)}$$

Periode ulang 5 tahun

$$Y_{t_5} = -\ln \left[\ln \frac{(5-1)}{5} \right]$$

$$Y_{t_5} = -\ln \left[\ln \frac{(5-1)}{5} \right]$$

$$Y_{t_5} = 1,5$$

$$k_5 = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n}$$

$$k_5 = \frac{(1,5 - 0,5157)}{1,0316}$$

$$k_5 = 0,95$$

Periode ulang 10 tahun

$$Y_{t10} = -\ln \left[\ln \frac{(10-1)}{10} \right]$$

$$Y_{t10} = -\ln \left[\ln \frac{(10-1)}{10} \right]$$

$$Y_{t10} = 2,25$$

$$k_{10} = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n}$$

$$k_{10} = \frac{(2,25 - 0,5157)}{1,0316}$$

$$k_{10} = 1,68$$

Perhitungan Reduced Variate (Y_t) dan Faktor Frekuensi (k) dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Perhitungan faktor frekuensi

Periode ulang	Y_t	k
5	1,5	0,95
10	2,25	1,68

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari perhitungan hujan rata-rata dan nilai faktor frekuensi dengan menggunakan Metode Distribusi Gumbel dapat dihitung curah hujan rencana periode ulang 5 dan 10 tahun dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_5 = \bar{X} + (k \times S)$$

$$R_5 = 79,41 + (0,95 \times 31,38)$$

$$R_5 = 109,347 \text{ mm/hari}$$

$R_{10} = \bar{X} + (k \times S)$
 $R_{10} = 79,41 + (1,68 \times 31,38)$
 $R_{10} = 132,175 \text{ mm/hari}$

Hasil perhitungan curah hujan rencana dan probabilitas terjadinya hujan dengan besaran hujan rencana menggunakan Merode Distribusi Gumbel dapat ditabelkan pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan metode distribusi gumbel

Periode ulang	Yt	k	R (mm/hari)
5	1,5	0,95	109,347
10	2,25	1,68	132,175

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2.1.2 Perhitungan Metode Gumbel untuk Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres dapat dilihat pada tabel 4.12 :

Tabel 4. 12 Perhitungan Metode Gumbel untuk Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	(X-Xrat)	(X-Xrat) ²	(X-Xrat) ³	(X-Xrat) ⁴
1	2001	80.00	187.00	108.63	11801.27	1282014.93	139269957.20
2	2002	187.00	118.00	39.63	1570.83	62257.56	2467494.29
3	2003	64.50	84.00	5.63	31.74	178.80	1007.30
4	2004	61.00	80.00	1.63	2.67	4.36	7.12
5	2005	64.00	75.50	-2.87	8.22	-23.55	67.50
6	2006	72.00	75.00	-3.37	11.33	-38.15	128.42
7	2007	64.00	72.00	-6.37	40.53	-258.03	1642.72
8	2008	84.00	70.50	-7.87	61.88	-486.77	3829.07
9	2009	66.36	66.36	-12.00	144.11	-1730.05	20768.87
10	2010	118.00	64.50	-13.87	192.28	-2666.16	36969.96
11	2011	75.50	64.00	-14.37	206.39	-2965.10	42597.70

12	2012	61.00	64.00	-14.37	206.39	-2965.10	42597.70
13	2013	70.50	61.00	-17.37	301.59	-5237.52	90956.65
14	2014	75.00	61.00	-17.37	301.59	-5237.52	90956.65
15	2015	52.00	59.00	-19.37	375.06	-7263.46	140666.72
16	2016	59.00	52.00	-26.37	695.18	-18329.48	483281.57
Jumlah		1253.86	1253.86	0.00	15951.05	1297254.75	142692929.45
Rata2	78.37						
Sd	32.61						
n	16						
Yn	0.5157						
Sn	1.0316						
Yt 5thn	1.50	K 5thn	0.95				
Yt 10thn	2.25	K 10thn	1.68				
R 5thn	109.48						
R 10thn	133.20						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2.1.3 Perhitungan Metode Gumbel untuk Saluran Sekunder Lebak Indah dapat dilihat pada tabel 4.13:

Tabel 4. 13 Perhitungan Metode Gumbel untuk Saluran Sekunder Lebak Indah

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	(X-Xrat)	(X-Xrat)2	(X-Xrat)3	(X-Xrat)4
1	2001	80.00	187.00	108.63	11801.27	1282014.93	139269957.20
2	2002	187.00	118.00	39.63	1570.83	62257.56	2467494.29
3	2003	64.50	84.00	5.63	31.74	178.80	1007.30
4	2004	61.00	80.00	1.63	2.67	4.36	7.12
5	2005	64.00	75.50	-2.87	8.22	-23.55	67.50
6	2006	72.00	75.00	-3.37	11.33	-38.15	128.42
7	2007	64.00	72.00	-6.37	40.53	-258.03	1642.72

8	2008	84.00	70.50	-7.87	61.88	-486.77	3829.07					
9	2009	66.36	66.36	-12.00	144.11	-1730.05	20768.87					
10	2010	118.00	64.50	-13.87	192.28	-2666.16	36969.96					
11	2011	75.50	64.00	-14.37	206.39	-2965.10	42597.70					
12	2012	61.00	64.00	-14.37	206.39	-2965.10	42597.70					
13	2013	70.50	61.00	-17.37	301.59	-5237.52	90956.65					
14	2014	75.00	61.00	-17.37	301.59	-5237.52	90956.65					
15	2015	52.00	59.00	-19.37	375.06	-7263.46	140666.72					
16	2016	59.00	52.00	-26.37	695.18	-18329.48	483281.57					
Jumlah		1253.86	1253.86	0.00	15951.05	1297254.75	142692929.45					
Rata2	78.37											
Sd	32.61											
n	16.00											
Yn	0.52											
Sn	1.03											
Yt 5thn	1.50	K 5thn	0.95									
Yt 10thn	2.25	K 10thn	1.68									
X 5thn	109.48											
X 10thn	133.20											

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2.1.4 Perhitungan Metode Gumbel untuk Saluran Sudetan
Kenjeran dapat dilihat pada tabel 4.14:

Tabel 4. 14 Perhitungan Metode Gumbel untuk Saluran Sudetan
Kenjeran

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	(X-Xrat)	(X-Xrat)2	(X-Xrat)3	(X-Xrat)4
1	2001	73.73	136.70	72.94	5319.68	387997.29	28299032.96
2	2002	136.70	84.01	20.25	410.02	8302.61	168120.06
3	2003	41.50	82.27	18.51	342.44	6336.93	117265.82
4	2004	45.82	73.73	9.96	99.29	989.32	9857.81

5	2005	58.01	68.13	4.37	19.10	83.47	364.78
6	2006	62.61	65.92	2.15	4.62	9.94	21.39
7	2007	61.07	62.61	-1.16	1.34	-1.55	1.80
8	2008	68.13	61.07	-2.70	7.28	-19.64	52.97
9	2009	49.18	59.32	-4.44	19.72	-87.60	389.03
10	2010	84.01	58.01	-5.76	33.12	-190.63	1097.12
11	2011	59.32	53.39	-10.38	107.65	-1116.95	11588.91
12	2012	53.39	49.18	-14.59	212.83	-3104.81	45294.68
13	2013	65.92	45.82	-17.94	321.90	-5775.26	103616.55
14	2014	35.68	42.90	-20.86	435.28	-9081.37	189467.74
15	2015	42.90	41.497	-22.27	495.87	-11041.95	245882.67
16	2016	82.27	35.68	-28.09	788.88	-22157.12	622325.59
Jumlah		1020.23	1020.23	0.00	8619.02	351142.68	29814379.87
Rata2	63.76						
Sd	23.97						
n	16.00						
Yn	0.52						
Sn	1.03						
Yt	1.50	K 5thn	0.95				
Yt	2.25	K 10thn	1.68				
R	86.63						
R	104.07						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2.1.5 Perhitungan Metode Gumbel untuk Saluran Primer Kepiting dapat dilihat pada tabel 4.15:

Tabel 4. 15 Perhitungan Metode Gumbel untuk Saluran Primer
Kepiting

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	(X-Xrat)	(X-Xrat)2	(X-Xrat)3	(X-Xrat)4
1	2001	99.59	148.56	59.89	3587.41	214867.53	12869481.96

2	2002	148.56	137.18	48.52	2354.07	114216.62	5541649.66
3	2003	58.31	106.07	17.40	302.79	5268.80	91681.70
4	2004	55.43	99.59	10.93	119.39	1304.51	14253.74
5	2005	79.78	98.95	10.29	105.82	1088.51	11197.23
6	2006	106.07	92.88	4.22	17.77	74.90	315.71
7	2007	67.44	91.34	2.67	7.13	19.04	50.83
8	2008	87.16	87.16	-1.51	2.27	-3.42	5.16
9	2009	91.34	82.62	-6.04	36.54	-220.89	1335.27
10	2010	98.95	79.78	-8.89	79.00	-702.18	6241.10
11	2011	77.54	77.54	-11.12	123.68	-1375.42	15296.03
12	2012	74.56	74.56	-14.11	199.03	-2807.82	39611.85
13	2013	82.62	67.44	-21.23	450.66	-9566.83	203090.90
14	2014	92.88	61.24	-27.43	752.19	-20629.62	565789.74
15	2015	61.24	58.31	-30.36	921.64	-27979.73	849424.48
16	2016	137.18	55.43	-33.23	1104.30	-36696.78	1219468.53
Jumlah		1418.65	1418.65	0.00	10163.67	236857.23	21428893.90
<hr/>							
Rata2	88.67						
Sd	26.03						
n	16.00						
Yn	0.52						
Sn	1.03						
Yt 5thn	1.50	K 5thn	0.95				
Yt 10thn	2.25	K 10thn	1.68				
R 5thn	113.50						
R 10thn	132.44						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2.2 Perhitungan Metode Distribusi *Log Pearson Type III*

Metode *Log Pearson Type III* didasarkan pada perubahan data yang ada dalam bentuk logaritma. Distribusi ini digunakan karena fleksibelitasnya.

4.2.2.1 Perhitungan menggunakan *Log Pearson Type III* untuk Saluran Primer Jeblokan :

Perhitungan Parameter *Log Pearson Type III*

- Nilai Rata-rata

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n}$$

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{30,01}{16}$$

$$\text{Log}\bar{X} = 1,88$$

- Standart Deviasi

$$S = \sqrt{\left[\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1} \right]}$$

$$S = \sqrt{\left[\frac{0,30}{16-1} \right]}$$

$$S = 0,1408$$

- Perhitungan Koefisien Keruncingan (Ck)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4$$

$$C_k = \frac{16^2}{(16-1)(16-2)(16-3) \times 0,1408^4} \times 0,025$$

$$C_k = 5,909$$

- Perhitungan Koefisien Kemencengan (Cs)

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$$

$$C_s = \frac{16}{(16-1)(16-2) \times 0,1408^3} \times -0,042$$

$$C_s = 1,147$$

- Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\text{Log}\bar{X}}$$
$$Cv = \frac{0,1408}{1,88}$$
$$Cv = 0,075$$

Tabel 4. 16 Perhitungan parameter statistik distribusi Log Pearson Type III

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	Log Xi	LogX- Log Xrat	(LogX-Log Xrat)2	(LogX-Log Xrat)3	(LogX- Log Xrat)4
1	2001	88.67	179.68	2.25	0.38	0.1433	0.0542739	0.0205489
2	2002	179.68	112.29	2.05	0.17	0.0304	0.0053073	0.0009258
3	2003	53.67	88.67	1.95	0.07	0.0052	0.0003714	0.0000267
4	2004	59.71	87.44	1.94	0.07	0.0043	0.0002853	0.0000188
5	2005	71.34	82.27	1.92	0.04	0.0015	0.0000609	0.0000024
6	2006	78.89	79.94	1.90	0.03	0.0007	0.0000194	0.0000005
7	2007	72.10	78.89	1.90	0.02	0.0004	0.0000094	0.0000002
8	2008	87.44	77.48	1.89	0.01	0.0002	0.0000024	0.0000000
9	2009	63.59	72.10	1.86	-0.02	0.0003	-0.0000058	0.0000001
10	2010	112.29	71.34	1.85	-0.02	0.0005	-0.0000115	0.0000003
11	2011	77.48	65.11	1.81	-0.06	0.0039	-0.0002411	0.0000150
12	2012	65.11	63.59	1.80	-0.07	0.0053	-0.0003808	0.0000276
13	2013	79.94	59.71	1.78	-0.10	0.0100	-0.0009957	0.0000994
14	2014	46.02	53.67	1.73	-0.15	0.0214	-0.0031218	0.0004563
15	2015	52.33	52.33	1.72	-0.16	0.0247	-0.0038834	0.0006104
16	2016	82.27	46.02	1.66	-0.21	0.0453	-0.0096550	0.0020559
Jumlah		1270.53	1270.53	30.01	0.00	0.30	0.04	0.02
Rata2		1.88						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dengan koefisien kemencengan Cs = 1,15 maka harga k

diperoleh seperti pada tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Nilai K untuk metode distribusi Log Pearson Type III dengan Cs = 1,15

Periode Ulang (tahun)	k
5	0,74
10	1,34

(Sumber: Triatmodjo, 2008: 232-233)

Selanjutnya dapat dihitung curah hujan rencana dengan periode ulang (T) 5 dan 10 tahun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.18.

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_5 &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 1,88 + (0,74 \times 0,14) \\
 &= 1,98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_{10} &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 1,88 + (1,34 \times 0,14) \\
 &= 2,06
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 18 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson Type III

Periode Ulang (tahun)	Xrat	k	Log R	R
5	1,88	0,74	1,98	95,49
10	1,88	1,34	2,06	116,04

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan perhitungan di atas yang menggunakan Metode Distribusi Gumbel dan *Log Pearson Type III* maka data Ck dan Cs direkap pada tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Rekapitulasi perhitungan Ck dan Cs distribusi

frekuensi

Metode	Ck	Cs
Gumbel	10,13	2,36
Log Pearson Type III	5,91	1,15

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2.2.2 Perhitungan menggunakan *Log Pearson Type III* untuk Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres dapat dilihat pada tabel 4.20:

Tabel 4. 20 Perhitungan menggunakan *Log Pearson Type III* untuk Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	Log Xi	LogX-Log Xrat	(LogX-Log Xrat) ²	(LogX-Log Xrat) ³	(LogX-Log Xrat) ⁴
1	2001	80.000	187.000	2.272	0.401	0.16092591	0.06455635	0.02589715
2	2002	187.000	118.000	2.072	0.201	0.04047988	0.00814439	0.00163862
3	2003	64.500	84.000	1.924	0.054	0.00287225	0.00015393	0.00000825
4	2004	61.000	80.000	1.903	0.032	0.00105003	0.00003403	0.00000110
5	2005	64.000	75.500	1.878	0.007	0.00005272	0.00000038	0.00000000
6	2006	72.000	75.000	1.875	0.004	0.00001914	0.00000008	0.00000000
7	2007	64.000	72.000	1.857	-0.013	0.00017831	0.00000238	0.00000003
8	2008	84.000	70.500	1.848	-0.022	0.00050610	0.00001139	0.00000026
9	2009	66.362	66.362	1.822	-0.049	0.00237842	0.00011599	0.00000566
10	2010	118.000	64.500	1.810	-0.061	0.00373641	0.00022839	0.00001396
11	2011	75.500	64.000	1.806	-0.065	0.00416101	0.00026841	0.00001731
12	2012	61.000	64.000	1.806	-0.065	0.00416101	0.00026841	0.00001731
13	2013	70.500	61.000	1.785	-0.085	0.00728566	0.00062187	0.00005308
14	2014	75.000	61.000	1.785	-0.085	0.00728566	0.00062187	0.00005308
15	2015	52.000	59.000	1.771	-0.100	0.00996680	0.00099502	0.00009934
16	2016	59.000	52.000	1.716	-0.155	0.02392669	0.00370104	0.00057249

	Jumlah	1253.862	1253.862	29.931	0.000	0.269	0.066	0.028
Log rat	1.87							
Sd	0.13							
n	16.00							
Cs	2.10							
Ck	8.28							
Cv	0.07							
k 5 thn	0.59							
k 10 thn	1.29							
R5	1.95	89.12						
R10	2.04	110.63						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2.2.3 Perhitungan menggunakan *Log Pearson Type III* untuk Saluran Sekunder Lebak Indah dapat dilihat pada tabel 4.21 :

Tabel 4. 21 Perhitungan menggunakan *Log Pearson Type III* untuk Saluran Sekunder Lebak Indah

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	Log Xi	LogX-Log Xrat	(LogX-Log Xrat)2	(LogX-Log Xrat)3	(LogX-Log Xrat)4
1	2001	80.00	187.00	2.27	0.40	0.161	0.06456	0.0258971
2	2002	187.00	118.00	2.07	0.20	0.040	0.00814	0.0016386
3	2003	64.50	84.00	1.92	0.05	0.003	0.00015	0.0000082
4	2004	61.00	80.00	1.90	0.03	0.001	0.00003	0.0000011
5	2005	64.00	75.50	1.88	0.01	0.000	0.00000	0.0000000
6	2006	72.00	75.00	1.88	0.00	0.000	0.00000	0.0000000
7	2007	64.00	72.00	1.86	-0.01	0.000	0.00000	0.0000000
8	2008	84.00	70.50	1.85	-0.02	0.001	-0.00001	0.0000003
9	2009	66.36	66.36	1.82	-0.05	0.002	-0.00012	0.0000057
10	2010	118.00	64.50	1.81	-0.06	0.004	-0.00023	0.0000140

11	2011	75.50	64.00	1.81	-0.06	0.004	-0.00027	0.0000173
12	2012	61.00	64.00	1.81	-0.06	0.004	-0.00027	0.0000173
13	2013	70.50	61.00	1.79	-0.09	0.007	-0.00062	0.0000531
14	2014	75.00	61.00	1.79	-0.09	0.007	-0.00062	0.0000531
15	2015	52.00	59.00	1.77	-0.10	0.010	-0.00100	0.0000993
16	2016	59.00	52.00	1.72	-0.15	0.024	-0.00370	0.0005725
Jumlah		1253.86	1253.86	29.93	0.00	0.27	0.07	0.03
Log rat	1.87							
Sd	0.13							
n	16.00							
Cs	2.10							
Ck	8.28							
Cv	0.07							
k 5 thn	0.59							
k 10 thn	1.29							
R5	1.95	89.12						
R10	2.04	110.63						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2.2.4 Perhitungan menggunakan *Log Pearson Type III* untuk Saluran Sudetan Kenjeran dapat dilihat pada tabel 4.22:

Tabel 4. 22 Perhitungan menggunakan *Log Pearson Type III* untuk Saluran Sudetan Kenjeran

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	Log Xi	LogX- Log Xrat	(LogX-Log Xrat)2	(LogX-Log Xrat)3	(LogX- Log Xrat)4
1	2001	73.729	136.701	2.136	0.355	0.1257880	0.0446127	0.0158226
2	2002	136.701	84.014	1.924	0.143	0.0205192	0.0029393	0.0004210
3	2003	41.497	82.270	1.915	0.134	0.0179923	0.0024134	0.0003237
4	2004	45.823	73.729	1.868	0.087	0.0074879	0.0006480	0.0000561
5	2005	58.009	68.135	1.833	0.052	0.0027316	0.0001428	0.0000075

6	2006	62.607	65.915	1.819	0.038	0.0014349	0.0000544	0.0000021
7	2007	61.067	62.607	1.797	0.016	0.0002408	0.0000037	0.0000001
8	2008	68.135	61.067	1.786	0.005	0.0000221	0.0000001	0.0000000
9	2009	49.176	59.324	1.773	-0.008	0.0000621	-0.0000005	0.0000000
10	2010	84.014	58.009	1.763	-0.018	0.0003100	-0.0000055	0.0000001
11	2011	59.324	53.389	1.727	-0.054	0.0028786	-0.0001544	0.0000083
12	2012	53.389	49.176	1.692	-0.089	0.0079836	-0.0007133	0.0000637
13	2013	65.915	45.823	1.661	-0.120	0.0144047	-0.0017288	0.0002075
14	2014	35.678	42.901	1.632	-0.149	0.0220922	-0.0032837	0.0004881
15	2015	42.901	41.497	1.618	-0.163	0.0265992	-0.0043381	0.0007075
16	2016	82.270	35.678	1.552	-0.229	0.0523074	-0.0119631	0.0027361
Jumlah		1020.23	1020.23	28.50	0.00	0.30	0.03	0.02
Log rat	1.78							
Sd	0.14							
n	16.00							
Cs	0.76							
Ck	4.79							
Cv	0.08							
k 5 thn	0.78							
k 10 thn	1.33							
R5	1.89	78.07						
R10	1.97	93.49						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2.2.5 Perhitungan menggunakan *Log Pearson Type III* untuk Saluran Primer Kepiting dapat dilihat pada tabel 4.23 :

Tabel 4. 23 Perhitungan menggunakan *Log Pearson Type III* untuk Saluran Primer Kepiting

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	Log Xi	LogX-Log Xrat	(LogX-Log Xrat)4	(LogX-Log Xrat)3	(LogX-Log Xrat)4
----	-------	-----------	--------------	-----------	------------------	---------------------	---------------------	---------------------

1	2001	99.59	148.56	2.17	0.24	0.0578010	0.0138964	0.0033410
2	2002	148.56	137.18	2.14	0.21	0.0423616	0.0087188	0.0017945
3	2003	58.31	106.07	2.03	0.09	0.0088535	0.0008331	0.0000784
4	2004	55.43	99.59	2.00	0.07	0.0044542	0.0002973	0.0000198
5	2005	79.78	98.95	2.00	0.06	0.0040885	0.0002614	0.0000167
6	2006	106.07	92.88	1.97	0.04	0.0013280	0.0000484	0.0000018
7	2007	67.44	91.34	1.96	0.03	0.0008501	0.0000248	0.0000007
8	2008	87.16	87.16	1.94	0.01	0.0000779	0.0000007	0.0000000
9	2009	91.34	82.62	1.92	-0.01	0.0002073	-0.0000030	0.0000000
10	2010	98.95	79.78	1.90	-0.03	0.0008765	-0.0000259	0.0000008
11	2011	77.54	77.54	1.89	-0.04	0.0017584	-0.0000737	0.0000031
12	2012	74.56	74.56	1.87	-0.06	0.0034800	-0.0002053	0.0000121
13	2013	82.62	67.44	1.83	-0.10	0.0105241	-0.0010796	0.0001108
14	2014	92.88	61.24	1.79	-0.14	0.0208667	-0.0030143	0.0004354
15	2015	61.24	58.31	1.77	-0.17	0.0274776	-0.0045548	0.0007550
16	2016	137.18	55.43	1.74	-0.19	0.0352325	-0.0066133	0.0012413
Jumlah		1418.65	1418.65	30.90	0.00	0.22	0.01	0.01
Log								
rat	1.93							
Sd	0.12							
n	16.00							
Cs	0.36							
Ck	3.40							
Cv	0.06							
k 5								
thn	0.82							
k 10								
thn	1.31							
Xt5	2.03	107.33						
Xt10	2.09	123.23						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.3 Uji Kecocokan Distribusi Hujan

Dalam menentukan distribusi curah hujan yang dipakai, kita

lakukan perhitungan uji kecocokan dengan menggunakan data hujan yang telah tersedia. Perhitungan uji kecocokan harus dilakukan karena masing-masing perhitungan distribusi hujan memiliki sifat statistik yang khas. Pemilihan distribusi yang tidak tepat dapat mengakibatkan kesalahan perkiraan yang mungkin cukup besar baik *over estimated* maupun *under estimated*. Parameter uji kecocokan yang sering dipakai adalah metode Chi Kuadrat dan metode Smirnov-Kolmogorov.

4.3.1 Uji Kecocokan Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Hasil interpretasinya :

1. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima
2. Peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima
3. Apabila peluang berada di antara 1% - 5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, maka perlu ditambah data.

Perhitungan Chi-Kuadrat untuk Saluran Primer Jeblokan :

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya data (n)} &= 16 \\ \text{Taraf Signifikan} &= 5\% \\ \text{Jumlah sub kelompok} &= 1 + 1.33 \ln 16 \\ &= 4,68 \sim 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Derajat kebebasan} &= G - R - 1 \\ &= 5 - 2 - 1 = 2 \end{aligned}$$

- Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi *Log Pearson Type III*

Data pengamatan dibagi menjadi 5 sub grup dengan interval peluang (P) = 0,176 dengan menggunakan Distribusi Log Pearson Type III.

Besarnya peluang untuk tiap sub-grup adalah:

Sub grup 1	$P \geq 2,009$
Sub grup 2	$P \geq 1,929$
Sub grup 3	$P \geq 1,866$
Sub grup 4	$P \geq 1,800$
Sub grup 5	$P < 1,800$

Pembagian sub grup peluang dapat dilihat pada tabel 4.24.

Tabel 4. 24 Pembagian sub grup

Peluang	k	Xt
17.65%	0.943529412	2.008773972
35.29%	0.377058824	1.928996818
52.94%	-0.073529412	1.865539601
70.59%	-0.537647059	1.800177011

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Diketahui :

$$\text{Log } \bar{X} = 1,88$$

$$S = 0,14$$

- Untuk $P = 17,65 \%$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 1,88 + (0,94) \cdot 0,14 \\ &= 2,01 \end{aligned}$$
- Untuk $P = 35,29 \%$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 1,88 + (0,38) \cdot 0,14 \\ &= 1,93 \end{aligned}$$
- Untuk $P = 52,94 \%$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 1,88 + (-0,07) \cdot 0,14 \\ &= 1,87 \end{aligned}$$

- Untuk $P = 70,59\%$

$$X = \log \bar{X} + k \cdot S$$

$$= 1,88 + (-0.54) \cdot 0,14$$

$$= 1,80$$

Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III dapat dilihat pada 4.25.

Tabel 4. 25 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III

NO	Interval	Jumlah data		Oi-Ei	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
	Sub kelompok	Oi	Ei		
1	$X \geq 2,009$	2	3,2	1,44	0,45
2	$2,009 \geq X \geq 1,929$	2	3,2	1,44	0,45
3	$1,929 \geq X \geq 1,866$	4	3,2	0,64	0,20
4	$1,866 \geq X \geq 1,800$	4	3,2	0,64	0,20
5	$1,800 \geq X$	4	3,2	0,64	0,20
	Jumlah	16	16	4,8	1,500

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Derajat kebebasan (DK): 2

Chi Kuadrat : 1,5

Derajat signifikan alpha : 5%

Tingkat kepercayaan : 95%

Chi Kritis : 5,991 (lihat tabel 2.5)

Dari perhitungan Chi Kuadrat diatas, diperoleh nilai 1,5 dengan derajat kebebasan (dk)= 2 diperoleh nilai chi kuadrat sebesar 5,991, dengan kata lain $1,5 < 5,991$, sehingga perhitungan dapat diterima.

4.3.2 Uji Smirnov – Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov atau biasa disebut uji kecocokan non parametik (*non-parametric test*) karena cara pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

- Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log Pearson Type III

Perhitungan Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat pada tabel 4.26.

Tabel 4. 26 Hasil perhitungan uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov Log Pearson Type III

No	Xi	Log Xi	P(x)	$\frac{P(x<)}{1-P(x)}$	f(t)	P'(x)	$\frac{P'(x<)}{1-P'(x)}$	D
1	179.68	2.25	0.06	0.94	2.69	0.07	0.93	0.010
2	112.29	2.05	0.12	0.88	1.24	0.13	0.87	0.016
3	88.67	1.95	0.18	0.82	0.51	0.20	0.80	0.024
4	87.44	1.94	0.24	0.76	0.47	0.27	0.73	0.031
5	82.27	1.92	0.29	0.71	0.28	0.33	0.67	0.039
6	79.94	1.90	0.35	0.65	0.19	0.40	0.60	0.047
7	78.89	1.90	0.41	0.59	0.15	0.47	0.53	0.055
8	77.48	1.89	0.47	0.53	0.09	0.53	0.47	0.063
9	72.10	1.86	0.53	0.47	-0.13	0.60	0.40	0.071
10	71.34	1.85	0.59	0.41	-0.16	0.67	0.33	0.078
11	65.11	1.81	0.65	0.35	-0.44	0.73	0.27	0.086
12	63.59	1.80	0.71	0.29	-0.51	0.80	0.20	0.094
13	59.71	1.78	0.76	0.24	-0.71	0.87	0.13	0.102
14	53.67	1.73	0.82	0.18	-1.04	0.93	0.07	0.110
15	52.33	1.72	0.88	0.12	-1.12	1.00	0.00	0.118
16	46.02	1.66	0.94	0.06	-1.51	1.07	-0.07	0.125

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Log X rata-rata = 1,88

S = 0,14

Dari perhitungan pada tabel 4.26 didapatkan:

$$D_{\max} = 0,125$$

$$D_0 = 0,33 \text{ (diperoleh dari tabel nilai kritis } D_0 \text{ untuk derajat kepercayaan 5\% dan } n = 16)$$

Syarat $D_{\max} < D_0$, $0,125 < 0,33$, maka persamaan distribusi Log Pearson Type III dapat diterima.

Contoh Perhitungan untuk tabel 4.26:

- Perhitungan $P(X)$ = peluang dengan $m = 1$

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{16+1} = 0,06$$

- Untuk perhitungan $P(X <)$ dengan $m = 1$

$$P(X <) = 1 - P(X) \\ = 1 - 0,06 = 0,94$$

- Perhitungan $f(t)$ dengan $m = 1$

$$F(t) = \frac{X - \bar{X}}{S} = \frac{2,25 - 1,88}{0,14} = 2,69$$

- Perhitungan $P'(X)$ = peluang dengan $m = 1$

$$P'(X) = \frac{m}{n-1} = \frac{1}{16-1} = 0,07$$

- Perhitungan $P'(X <)$ dengan $m = 1$

$$P'(X <) = 1 - P'(X) \\ P'(X) = 1 - 0,07 = 0,93$$

- Perhitungan D dengan $m = 1$

$$D = P'(X <) - P(X <) \\ = 0,94 - 0,93 = 0,01$$

4.4 Pemilihan Hujan Rencana

Hujan rencana adalah hujan tahunan terbesar dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi pada suatu daerah. Dari hasil uji

distribusi yang digunakan, maka untuk menghitung curah hujan rencana akan menggunakan metode Log Pearson Type III. Kemudian hasil perhitungan metode Log Pearson Type III dapat dilihat pada tabel 4.20, 4.21, 4.22, 4.23.

Tabel 4. 27 Curah hujan rencana terpilih saluran Primer Jeblokan

Periode Ulang (tahun)	Xr	k	Log R	R
10	1,88	1,34	2,06	116,04

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 28 Curah hujan rencana terpilih saluran Sekunder Kyai Tambak Deres

Periode Ulang (tahun)	Xr	k	Log R	R
10	1,87	1,29	2,04	110,63

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 29 Curah hujan rencana terpilih saluran Sekunder Lebak Indah

Periode Ulang (tahun)	Xr	k	Log R	R
10	1,87	1,29	2,04	110,63

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 30 Curah hujan rencana terpilih saluran Sudetan Kenjeran

Periode Ulang (tahun)	Xr	k	Log R	R
10	1,78	1,33	1,97	93,49

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 31 Curah hujan rencana terpilih saluran Primer Kepiting

Periode Ulang (tahun)	Xr	k	Log R	R
10	1,93	1,31	2,09	123,23

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dimana:

1. Periode ulang 10 tahun digunakan untuk perhitungan debit rencana saluran.

4.5 Analisis Waktu Konsentrasi

Waktu konsentasi DAS adalah waktu yang diperlukan oleh butiran air untuk bergerak dari titik jatuh pada daerah pengaliran ke titik tinjauan. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus:

$$T_c = T_0 + T_f$$

Dengan:

T_c = Waktu konsentrasi

T_f = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir di sepanjang channel flowing (jam)

T_0 = Waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di permukaan hingga mencapai outlet (jam)

Contoh perhitungan waktu konsentrasi pada Saluran Primer Jeblokan adalah sebagai berikut:

4.5.1 Perhitungan T_c

Perhitungan T_c menggunakan rumus Bayern, berikut ini adalah perhitungan T_c pada saluran primer Jeblokan. Dengan $\Delta h = 1,821 \text{ m}$; $L = 5,244 \text{ km}$.

$$W = 72 \times \left(\frac{\Delta h}{L} \right)^{0,6}$$

$$W = 72 \times \left(\frac{1,821}{5244,2} \right)^{0,6}$$

$$W = 0,605 \text{ km/jam}$$

$$T_c = \frac{L}{W}$$

$$T_c = \frac{5,2442}{0,605}$$

$$T_c = 8,669 \text{ jam}$$

Dengan :

Δh =Beda tinggi bagian hulu saluran dengan hilir saluran (m).

L =Panjang saluran dari bagian hulu saluran hingga ke titik tinjau (km).

W =Kecepatan rambat air (km/jam)

T_c =Waktu yang dibutuhkan untuk air mengalir dari titik terjauh hingga ke titik tinjau. (*Time of Concentration*)

Perhitungan T_c menggunakan rumus Bayern, berikut ini adalah perhitungan T_c pada saluran sekunder Kyai Tambak Deres. Dengan $\Delta h = 2,14 \text{ m}$; $L = 2,9049 \text{ km}$.

$$W = 72 \times \left(\frac{\Delta h}{L} \right)^{0,6}$$

$$W = 72 \times \left(\frac{2,14}{2904,9} \right)^{0,6}$$

$$W = 0,9499 \text{ km/jam}$$

$$T_c = \frac{L}{W}$$

$$T_c = \frac{2,9049}{0,9499}$$

$$T_c = 3,058 \text{ jam}$$

Perhitungan T_c menggunakan rumus Bayern, berikut ini adalah perhitungan T_c pada saluran sekunder Lebak Indah. Dengan $\Delta h = 0,7946 \text{ m}$; $L = 2,044 \text{ km}$.

$$W = 72 \times \left(\frac{\Delta h}{L} \right)^{0,6}$$

$$W = 72 \times \left(\frac{0,7946}{2044} \right)^{0,6}$$

$$W = 0,647 \text{ km/jam}$$

$$T_c = \frac{L}{W}$$

$$T_c = \frac{2,044}{0,647}$$

$$T_c = 3,158 \text{ jam}$$

Perhitungan T_c menggunakan rumus Bayern, berikut ini adalah perhitungan T_c pada saluran sudetan Kenjeran. Dengan $\Delta h = 0,498$ m ; $L = 0,8742$ km.

$$W = 72 \times \left(\frac{\Delta h}{L} \right)^{0,6}$$

$$W = 72 \times \left(\frac{0,498}{874,2} \right)^{0,6}$$

$$W = 0,81 \text{ km/jam}$$

$$T_c = \frac{L}{W}$$

$$T_c = \frac{0,874}{0,81}$$

$$T_c = 1,074 \text{ jam}$$

Perhitungan T_c menggunakan rumus Bayern, berikut ini adalah perhitungan T_c pada saluran primer Kepiting. Dengan $\Delta h = 1,375$ m ; $L = 6,172$ km.

$$W = 72 \times \left(\frac{\Delta h}{L} \right)^{0,6}$$

$$W = 72 \times \left(\frac{1,375}{6172} \right)^{0,6}$$

$$W = 0,464 \text{ km/jam}$$

$$T_c = \frac{L}{W}$$

$$T_c = \frac{6,172}{0,464}$$

$$T_c = 13,316 \text{ jam}$$

4.6 Tata guna lahan

Untuk menentukan koefesien pengaliran rata – rata, rumus yang digunakan adalah :

$$C = \frac{A_1 C_1 + A_2 C_2 + \dots + A_n C_n}{A \text{ total}} \quad (2.19)$$

Dimana :

C = Koefesien aliran rata – rata

An = Luas Daerah pengaruh hujan ke – n (km²)

Cn = Koefesien aliran pada tata guna lahan (lihat pada tabel 2.7)

Contoh perhitungan tata guna lahan Saluran Primer Jeblokan yang sebagian besar pemukiman:

$$C = \frac{2,2169 \times 0,5}{2,2169}$$

$$C = 0,5$$

Untuk perhitungan tata guna lahan sungai lainnya dapat di lihat pada tabel 4.32

Tabel 4. 32 Perhitungan C gabungan untuk Sungai

Nama Saluran	Luas Lahan			A total (km ²)	C gab
	lahan C = 0,35	Pemukiman C = 0,4	Taman Bermain C = 0,2		
P. Jeblokan	0	2.2169	0	2.217	0.4
S. Kyai					
Tambak	0.1428	1.3116	0	1.454	0.395
Deres					
S. Lebak	1.0162	3.4526	0	4.469	0.389
Indah					
Sudet. Kenj	0	4.0274	0.6981	4.726	0.456
P. Kepiting	0.5493	6.5364	0	7.092	0.396

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.7 Analisis Intensitas Hujan

Besar intensitas hujan berbeda-beda. Waktu curah hujan sangat mempengaruhi besar kecilnya intensitas hujan. Karena data yang tersedia hanya data curah hujan harian saja, maka perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe, yaitu:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{T_c} \right]^{2/3}$$

Dengan:

I_t = Intensitas hujan dalam 1 jam (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan efektif dalam 1 jam

T_c = Waktu konsentasi

4.7.1 Intensitas Hujan Periode 10 Tahun

Intensitas hujan periode ulang 10 tahun ini dihitung menggunakan rumus Mononobe dengan menggunakan curah hujan harian maksimum periode ulang 10 tahun metode Log Pearson Type III. Intensitas hujan 10 tahun digunakan untuk mengetahui debit rencana 10 tahun yang digunakan untuk mengetahui besar debit banjir rencana pada Saluran yang di tinjau.

Perhitungan intensitas hujan periode 10 tahun di saluran primer Jeblokan adalah sebagai berikut:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{T_c} \right]^{2/3}$$

$$I_t = \frac{116,041}{24} \times \left[\frac{24}{8,669} \right]^{2/3}$$

$$I_t = 9,533 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan intensitas hujan periode 10 tahun di saluran sekunder Kyai Tambak Deres adalah sebagai berikut:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{T_c} \right]^{2/3}$$

$$I_t = \frac{110,633}{24} \times \left[\frac{24}{3,058} \right]^{2/3}$$

$$I_t = 18,205 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan intensitas hujan periode 10 tahun di saluran sekunder Lebak Indah adalah sebagai berikut:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{T_c} \right]^{2/3}$$

$$I_t = \frac{110,633}{24} \times \left[\frac{24}{3,158} \right]^{2/3}$$

$$I_t = 17,82 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan intensitas hujan periode 10 tahun di saluran sudetan Kenjeran adalah sebagai berikut:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{T_c} \right]^{2/3}$$

$$I_t = \frac{93,49}{24} \times \left[\frac{24}{1,074} \right]^{2/3}$$

$$I_t = 30,91 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan intensitas hujan periode 10 tahun di saluran primer Kepiting adalah sebagai berikut:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{T_c} \right]^{2/3}$$

$$I_t = \frac{123,232}{24} \times \left[\frac{24}{13,316} \right]^{2/3}$$

$$I_t = 7,605 \text{ mm/jam}$$

4.8 Perhitungan Debit rencana

Berikut ini adalah contoh perhitungan debit rencana pada saluran primer Jeblokan.

Diketahui:

$$C = 0,5$$

$$I_t = 9,533 \text{ mm/jam}$$

$$A = 2,217 \text{ km}^2$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I_t \times A$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times 0,5 \times 9,533 \text{ mm/jam} \times 2,217 \text{ km}^2$$

$$Q = 2,937 \text{ m}^3/\text{det}$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan debit rencana pada saluran sekunder Kyai Tambak Deres.

Diketahui:

$$C = 0,395$$

$$I_t = 18,205 \text{ mm/jam}$$

$$A = 1,4544 \text{ km}^2$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I_t \times A$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times 0,395 \times 18,205 \text{ mm/jam} \times 1,454 \text{ km}^2$$

$$Q = 2,908 \text{ m}^3/\text{det}$$

Berikut ini adalah adalah contoh perhitungan debit rencana pada saluran sekunder Lebak Indah.

Diketahui:

$$C = 0,389$$

$$I_t = 17,82 \text{ mm/jam}$$

$$A = 4,469 \text{ km}^2$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I_t \times A$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times 0,389 \times 17,82 \text{ mm/jam} \times 4,469 \text{ km}^2$$

$$Q = 8,604 \text{ m}^3/\text{det}$$

Berikut ini adalah adalah contoh perhitungan debit rencana pada saluran sudetan Kenjeran.

Diketahui:

$$C = 0,456$$

$$I_t = 30,91 \text{ mm/jam}$$

$$A = 4,726 \text{ km}^2$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I_t \times A$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times 0,456 \times 30,91 \text{ mm/jam} \times 4,7255 \text{ km}^2$$

$$Q = 18,503 \text{ m}^3/\text{det}$$

Berikut ini adalah adalah contoh perhitungan debit rencana pada saluran primer Kepiting.

Diketahui:

$$C = 0,396$$

$$I_t = 7,605 \text{ mm/jam}$$

$$A = 7,0922 \text{ km}^2$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I_t \times A$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times 0,396 \times 7,605 \text{ mm/jam} \times 7,0922 \text{ km}^2$$

$$Q = 5,934 \text{ m}^3/\text{det}$$

Dengan:

Q = Debit puncak (m³/det)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km²)

4.9 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui apakah secara teknis sistem drainase direncanakan sesuai dengan persyaratan teknis. Analisis ini diantaranya perhitungan kapasitas saluran dan perencanaan saluran.

4.9.1 Perhitungan *Full Bank Capacity*

Full bank capacity existing adalah besarnya debit tampungan pada saluran sesuai dengan keadaan di lapangan. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan penampang saluran untuk menampung limpasan air hujan.

Rumus kecepatan rata-rata yang digunakan pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus manning, karena rumus ini mempunyai bentuk yang sederhana.

Perhitungan *full bank capacity existing* saluran primer Jeblokan dengan data sebagai berikut:

Bentuk saluran trapesium

$$b = 9 \text{ m}$$

$$h = 1,412 \text{ m}$$

$$m = 0,319 \text{ m}$$

$$n = 0,014 \text{ (saluran beton)}$$

$$I_o = \frac{\Delta h}{L}$$

$$I_o = \frac{1,821}{5244,2}$$

$$I_o = 0,00035$$

Penyelesaian:

$$A = (b + m.h).h$$

$$= (9 + 0,3187.1,412).1,412$$

$$= 13,343 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

$$= 9 + 2.1,412\sqrt{1 + 0,3187^2}$$

$$= 11,964 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$= \frac{13,343 \text{ m}^2}{11,964 \text{ m}}$$

$$= 1,1153 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,014} \times 1,1153^{2/3} \times 0,00035^{1/2}$$

$$= 1,431 \text{ m/det}$$

$$Q = A \times V$$

$$= 13,343 \text{ m}^2 \times 1,431 \text{ m/det}$$

$$= 19,101 \text{ m}^3/\text{det}$$

Perhitungan *full bank capacity existing* saluran sekunder Kyai Tambak Deres dengan data sebagai berikut:

Bentuk saluran persegi

$$b = 1.6 \text{ m}$$

$$h = 1,6 \text{ m}$$

$$n = 0,011 \text{ (saluran beton)}$$

$$I_o = \frac{\Delta h}{L}$$

$$I_o = \frac{2,14}{2904,9}$$

$$I_o = 0,000737$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} A &= (b \cdot h) \\ &= (1,6 \cdot 1,6) \\ &= 2,56 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= b \cdot 2h \\ &= 1,6 \cdot (2 \cdot 1,6) \\ &= 4,8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{2,56 \text{ m}^2}{4,8 \text{ m}} \\ &= 0,533 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,011} \times 0,533^{2/3} \times 0,000737^{1/2} \\ &= 1,623 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 2,56 \text{ m}^2 \times 1,623 \text{ m/det} \\ &= 4,154 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Perhitungan *full bank capacity existing* saluran sekunder Lebak Indah dengan data sebagai berikut:

Bentuk saluran trapesium

$$b = 4,8 \text{ m}$$

$$h = 1,622 \text{ m}$$

$$n = 0,013 \text{ (saluran beton)}$$

$$I_o = \frac{\Delta h}{L}$$

$$I_o = \frac{0,7946}{2044}$$

$$I_o = 0,000389$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} A_{\text{tot}} &= (b + m.h).h \\ &= (4,8 + 0,37 \cdot 1,622) \cdot 1,622 \\ &= 8,7588 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{1 + m^2} \\ &= 4,8 + 2 \cdot 1,622 \sqrt{1 + 0,37^2} \\ &= 8,259 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{8,7588 \text{ m}^2}{8,259 \text{ m}} \\ &= 1,061 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,013} \times 1,061^{2/3} \times 0,00039^{1/2} \\ &= 1,577 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 8,759 \text{ m}^2 \times 1,577 \text{ m/det} \\ &= 13,815 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Perhitungan *full bank capacity existing* saluran sudetan Kenjeran dengan data sebagai berikut:

Bentuk saluran trapesium

$$b = 5,4 \text{ m}$$

$$h = 2,8 \text{ m}$$

$$n = 0,014 \text{ (saluran beton)}$$

$$I_o = \frac{\Delta h}{L}$$

$$I_o = \frac{0,498}{874,2}$$

$$I_o = 0,00057$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} A_{\text{tot}} &= (b + m \cdot h) \cdot h \\ &= (5,4 + 0,393 \cdot 2,8) \cdot 2,8 \\ &= 19,16 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{1 + m^2} \\ &= 5,4 + 2 \cdot 2,8\sqrt{1 + 0,393^2} \\ &= 16,6166 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{19,16 \text{ m}^2}{16,6166 \text{ m}} \\ &= 1,153 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,014} \times 1,153^{2/3} \times 0,00057^{1/2} \\ &= 1,875 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 19,16 \text{ m}^2 \times 1,875 \text{ m/det} \\ &= 35,9179 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Perhitungan *full bank capacity existing* saluran primer
Kepiting dengan data sebagai berikut:

Bentuk saluran trapesium

$$b = 9,8 \text{ m}$$

$$h = 0,769 \text{ m}$$

$$m = 1,56 \text{ m}$$

$$n = 0,013 \text{ (saluran pasangan batu disemen)}$$

$$I_o = \frac{\Delta h}{L}$$

$$I_o = \frac{1,375}{6172}$$

$$I_o = 0,00022$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} A_{\text{tot}} &= (b + m.h).h \\ &= (9,8 + 1,56 \cdot 0,769) \cdot 0,769 \\ &= 8,459 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2h\sqrt{1 + m^2} \\ &= 9,8 + 2 \cdot 0,769 \sqrt{1 + 1,56^2} \\ &= 12,651 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{8,459 \text{ m}^2}{12,651 \text{ m}} \\ &= 0,669 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,013} \times 0,669^{2/3} \times 0,00022^{1/2} \\ &= 0,878 \text{ m/det} \end{aligned}$$

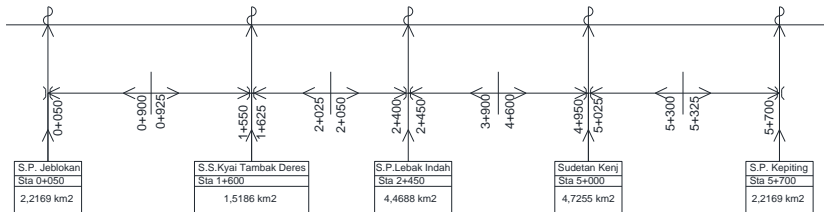
$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 8,459 \text{ m}^2 \times 0,878 \text{ m/det} \\ &= 7,427 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

4.10 Perencanaan Sistem Aliran

Berdasarkan Layout jalan yang telah didapatkan maka perlu adanya perencanaan sistem aliran untuk mengatur aliran airnya, adapun sistem aliran ini terbagi menjadi 2 (dua) rencana. Sistem aliran untuk *flyover* direncanakan untuk menentukan arah aliran pada pipa jalan, sedangkan untuk sistem aliran *frontage* direncanakan untuk menentukan arah aliran pada saluran utama yang nantinya akan terhubung dengan sungai yang fungsinya sebagai saluran pembuang.

Berikut merupakan sistem aliran pada *frontage* yang

direncanakan berdasarkan layout jalan yang ada :



Gambar 4. 1 Skema aliran saluran drainase Jalan Lingkar Luar Timur

4.11 Perhitungan debit pada saluran drainase *frontage*

4.11.1 Analisa Curah Hujan

Data hujan yang diperoleh dari stasiun hujan merupakan hujan yang terjadi pada satu titik saja. Untuk perhitungan hidrologi, dibutuhkan data hujan di kawasan yang ditinjau, sehingga memerlukan satu atau beberapa stasiun hujan. Ada 3 cara yang sering digunakan untuk mengubah data hujan tersebut. Cara-cara ini adalah Rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen, dan Ishoyet.

Ditinjau dari letak penakar stasiun hujannya yang tidak merata dan stasiun hujan yang terbatas, kondisi Topografi yang datar serta luas DAS yang bervariasi tiap sungainya, maka data hujan dihitung dengan rata-rata aljabar/aritmatik.

4.11.2 Curah Hujan Rencana

Ada 2 (dua) stasiun hujan yang berpengaruh dengan daerah aliran secara keseluruhan pada saluran drainase jalan ini, yaitu stasiun hujan Kedung Cowek dan stasiun hujan Larangan. Untuk Sta -0+200 hingga Sta 1+600 dipengaruhi oleh stasiun hujan Kedung Cowek, dan menggunakan data curah hujan selama 15 tahun. Untuk Sta 1+625 hingga Sta 5+700 dipengaruhi oleh stasiun hujan Larangan, dan menggunakan data curah hujan selama 16 tahun.

Dikarenakan hanya menggunakan satu stasiun saja , maka hanya dicari curah hujan harian maksimal per tahunnya. Curah

hujan maksimal per tahunnya untuk Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya dapat dilihat pada tabel 3.3 dan tabel 3.4

Tabel 4. 33 Curah hujan harian maksimal per tahunnya untuk Sta - 0+200 hingga Sta 1+600 dengan data curah hujan 15 tahun

No	Tahun	CH max
1	2001	80.0000
2	2002	187.0000
3	2003	64.5000
4	2004	61.0000
5	2005	64.0000
6	2006	72.0000
7	2007	64.0000
8	2008	84.0000
9	2009	100.0000
10	2010	123.0000
11	2011	79.0000
12	2012	51.0000
13	2013	73.0000
14	2014	62.0000
15	2015	54.0000
Jumlah		1218.50

(Sumber : Hasil perhitungan)

Tabel 4. 34 Curah hujan harian maksimal per tahunnya untuk Sta 1+625 hingga Sta 5+700 dengan data curah hujan 16 tahun

No	Tahun	CH max
1	2001	80.0000
2	2002	187.0000
3	2003	64.5000
4	2004	61.0000

5	2005	64.0000
6	2006	72.0000
7	2007	64.0000
8	2008	84.0000
9	2009	70.0000
10	2010	113.0000
11	2011	72.0000
12	2012	71.0000
13	2013	80.0000
14	2014	105.0000
15	2015	57.0000
16	2016	118.0000
Jumlah		1362.50

(Sumber : Hasil perhitungan)

4.11.3 Analisa Distribusi Frekuensi

Tujuan dari perhitungan curah hujan harian maksimum adalah untuk mendapatkan curah hujan rencana pada setiap periode ulang yang diinginkan. Sebelum menentukan metode apa yang digunakan untuk mengitung curah hujan rencana terkebih dahulu dilakukan analisa frekuensi terhadap data curah hujan.

4.11.3.1 Perhitungan Metode Distribusi Gumbel

Perumusan Metode Gumbel

$$X_t = X + (K \times S)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Faktor probabilitas k untuk harga ekstrim Gumbel dapat dihitung dengan rumus:

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$n = 16$$

- X_t = Besarnya curah hujan rencana pada periode ulang T tahun (mm)
 \bar{X} = Curah hujan harian maksimum rata-rata selama tahun pengamatan (mm).
 K = Faktor frekuensi.
 X_i = Curah hujan masing-masing tahun pengamatan.
 Y_t = *Reduced Variated*.
 Y_n = *Reduced Mean*.(tabel 2.3)
 S_n = *Reduced Standart Deviation*.(tabel 2.3)

- Perhitungan Metode Gumbel untuk Sta -0+200 hingga Sta 1+600 :

Perhitungan curah hujan harian maksimum rata-rata selama tahun pengamatan

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{1218,50 \text{ mm}}{15}$$

$$\bar{X} = 81,23 \text{ mm}$$

Selanjutnya untuk menghitung Standart Deviasi (S) perhitungan dapat dilanjutkan dalam tabel seperti pada tabel 4.35. Perhitungan S dapat dilihat dibawah ini.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{16759,43}{15-1}}$$

$$S = 34,59917$$

- Perhitungan Koefisien Keruncingan (Ck)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$$

$$C_k = \frac{15^2}{(15-1)(15-2)(15-3) \times 34,599^4} \times 130263645,73$$

$$C_k = 9,365$$

- Perhitungan Koefisien Kemencengan (Cs)

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$$

$$C_s = \frac{15}{(15-1)(15-2) \times 34,599^3} \times 1183148,08$$

$$C_s = 2,354$$

- Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$C_v = \frac{34,599}{81,23}$$

$$C_v = 0,426$$

- Perhitungan Metode Gumbel untuk Sta 1+625 hingga Sta 5+700 :

Perhitungan curah hujan harian maksimum rata-rata selama tahun pengamatan.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{1362,5 \text{ mm}}{16}$$

$$\bar{X} = 85,16 \text{ mm}$$

Selanjutnya untuk menghitung Standart Deviasi (S) perhitungan dapat dilanjutkan dalam tabel seperti pada tabel 4.38. Perhitungan S dapat dilihat dibawah ini.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{16148,86}{16-1}}$$

$$S = 32,811$$

- Perhitungan Koefisien Keruncingan (Ck)

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$$

$$Ck = \frac{16^2}{(16-1)(16-2)(16-3) \times 32,811^4} \times 111207189,22$$

$$Ck = 8,997$$

- Perhitungan Koefisien Kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$$

$$Cs = \frac{16}{(16-1)(16-2) \times 32,811^3} \times 1045850,04$$

$$Cs = 2,256$$

- Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$Cv = \frac{32,811}{85,16}$$

$$Cv = 0,385$$

Hasil perhitungan analisa distribusi frekuensi dengan Metode Gumbel dapat dilihat pada tabel 4.35.

Tabel 4. 35 Perhitungan analisa distribusi frekuensi dengan Metode Gumbel untuk Sta -0+200 hingga Sta 1+600

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	(X-Xrat)	(X-Xrat)2	(X-Xrat)3	(X-Xrat)4
1	2001	80	187	105.77	11186.59	1183168.10	125139746.11
2	2002	187	123	41.77	1744.45	72860.05	3043121.31
3	2003	64.5	100	18.77	352.19	6609.39	124036.23
4	2004	61	84	2.77	7.65	21.18	58.59
5	2005	64	80	-1.23	1.52	-1.88	2.31

6	2006	72	79	-2.23	4.99	-11.14	24.88
7	2007	64	73	-8.23	67.79	-558.12	4595.18
8	2008	84	72	-9.23	85.25	-787.18	7268.32
9	2009	100	64.5	-16.73	280.00	-4685.41	78402.49
10	2010	123	64	-17.23	296.99	-5118.09	88201.74
11	2011	79	64	-17.23	296.99	-5118.09	88201.74
12	2012	51	62	-19.23	369.92	-7114.82	136841.63
13	2013	73	61	-20.23	409.39	-8283.28	167598.35
14	2014	62	54	-27.23	741.65	-20197.72	550051.31
15	2015	54	51	-30.23	914.05	-27634.91	835495.53
Jumlah		1218.50	1218.50	0.00	16759.43	1183148.08	130263645.73

Rata2 81.23

Sd 34.60

n 15.00

Yn 0.51

Sn 1.02

Yt 1.50 K 5thn 0.97

Yt 2.25 K 10thn 1.70

X 114.70

X 140.14

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Perhitungan distribusi frekuensi Metode Gumbel

n = 15

Yn = 0,5128 (dari tabel 2.3)

Sn = 1,0206 (dari tabel 2.3)

Periode ulang 5 tahun

$$Y_{t_5} = -\ln \left[\ln \frac{(5-1)}{5} \right]$$

$$Y_{t_5} = -\ln \left[\ln \frac{(5-1)}{5} \right]$$

$$Y_{t_5} = 1,5$$

$$k_5 = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n}$$

$$k_5 = \frac{(1,5 - 0,5128)}{1,0206}$$

$$k_5 = 0,97$$

Periode ulang 10 tahun

$$Y_{t_{10}} = -\ln \left[\ln \frac{(10-1)}{10} \right]$$

$$Y_{t_{10}} = -\ln \left[\ln \frac{(10-1)}{10} \right]$$

$$Y_{t_{10}} = 2,25$$

$$k_{10} = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n}$$

$$k_{10} = \frac{(2,25 - 0,5128)}{1,0316}$$

$$k_{10} = 1,70$$

Perhitungan Reduced Variate (Y_t) dan Faktor Frekuensi (k) dapat dilihat pada tabel 4.36.

Tabel 4. 36 Perhitungan faktor frekuensi

Periode ulang	Y_t	k
5	1,5	0,97
10	2,25	1,70

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari perhitungan hujan rata-rata dan nilai faktor frekuensi

dengan menggunakan Metode Distribusi Gumbel dapat dihitung curah hujan rencana periode ulang 5 dan 10 tahun dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_5 = \bar{X} + (k \times S)$$

$$R_5 = 81,23 + (0,97 \times 34,6)$$

$$R_5 = 114,7 \text{ mm/hari}$$

$$R_{10} = \bar{X} + (k \times S)$$

$$R_{10} = 81,23 + (1,70 \times 34,6)$$

$$R_{10} = 140,14 \text{ mm/hari}$$

Hasil perhitungan curah hujan rencana dan probabilitas terjadinya hujan dengan besaran hujan rencana menggunakan Metode Distribusi Gumbel dapat ditabelkan pada tabel 4.37.

Tabel 4. 37 Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan metode distribusi gumbel

Periode ulang	Yt	k	R (mm/hari)
5	1,5	0,97	114,7
10	2,25	1,70	140,14

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 38 Perhitungan analisa distribusi frekuensi dengan Metode Gumbel untuk Sta 1+625 hingga Sta 5+700

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	(X-Xrat)	(X-Xrat) ²	(X-Xrat) ³	(X-Xrat) ⁴
1	2001	80	187	101.84	10372.15	1056338.59	107581483.47
2	2002	187	118	32.84	1078.71	35428.94	1163619.39
3	2003	64.5	113	27.84	775.27	21586.55	601050.42
4	2004	61	105	19.84	393.77	7813.96	155058.29
5	2005	64	84	-1.16	1.34	-1.55	1.79
6	2006	72	80	-5.16	26.59	-137.09	706.86
7	2007	64	80	-5.16	26.59	-137.09	706.86
8	2008	84	72	-13.16	173.09	-2277.17	29959.08

9	2009	70	72	-13.16	173.09	-2277.17	29959.08
10	2010	113	71	-14.16	200.40	-2836.90	40159.93
11	2011	72	70	-15.16	229.71	-3481.57	52767.56
12	2012	71	64.5	-20.66	426.68	-8813.62	182056.39
13	2013	80	64	-21.16	447.59	-9469.26	200334.05
14	2014	105	64	-21.16	447.59	-9469.26	200334.05
15	2015	57	61	-24.16	583.52	-14095.76	340500.74
16	2016	118	57	-28.16	792.77	-22321.55	628491.27
Jumlah		1362.50	1362.50	0.00	16148.86	1045850.04	111207189.22
Rata2	85.16						
Sd	32.81						
n	16.00						
Yn	0.52						
Sn	1.03						
Yt 5thn	1.50	K 5thn	0.95				
Yt 10thn	2.25	K 10thn	1.68				
X 5thn	116.46						
X 10thn	140.33						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Perhitungan distribusi frekuensi Metode Gumbel

$$n = 16$$

$$Y_n = 0,5157 \text{ (dari tabel 2.3)}$$

$$S_n = 1,0316 \text{ (dari tabel 2.3)}$$

Periode ulang 5 tahun

$$Y_{t_5} = -\ln \left[\ln \frac{(5-1)}{5} \right]$$

$$Y_{t_5} = -\ln \left[\ln \frac{(5-1)}{5} \right]$$

$$Y_{t_5} = 1,5$$

$$k_5 = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n}$$

$$k_5 = \frac{(1,5 - 0,5157)}{1,0316}$$

$$k_5 = 0,95$$

Periode ulang 10 tahun

$$Y_{t_{10}} = -\ln \left[\ln \frac{(10-1)}{10} \right]$$

$$Y_{t_{10}} = -\ln \left[\ln \frac{(10-1)}{10} \right]$$

$$Y_{t_{10}} = 2,25$$

$$k_{10} = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n}$$

$$k_{10} = \frac{(2,25 - 0,5157)}{1,0316}$$

$$k_{10} = 1,68$$

Perhitungan Reduced Variate (Y_t) dan Faktor Frekuensi (k) dapat dilihat pada tabel 4.39.

Tabel 4. 39 Perhitungan faktor frekuensi

Periode ulang	Y_t	k
5	1,5	0,95
10	2,25	1,68

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari perhitungan hujan rata-rata dan nilai faktor frekuensi dengan menggunakan Metode Distribusi Gumbel dapat dihitung curah hujan rencana periode ulang 5 dan 10 tahun dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_5 = \bar{X} + (k \times S)$$

$$R_5 = 85,16 + (0,95 \times 32,81)$$

$$R_5 = 116,461 \text{ mm/hari}$$

$$R_{10} = \bar{X} + (k \times S)$$

$$R_{10} = 85,16 + (1,68 \times 32,81)$$

$$R_{10} = 140,329 \text{ mm/hari}$$

Hasil perhitungan curah hujan rencana dan probabilitas terjadinya hujan dengan besaran hujan rencana menggunakan Metode Distribusi Gumbel dapat ditabelkan pada tabel 4.40.

Tabel 4. 40 Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan metode distribusi gumbel

Periode ulang	Yt	k	R (mm/hari)
5	1,5	0,95	116,4613
10	2,25	1,68	140,3297

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.11.3.2 Perhitungan Metode Distribusi *Log Pearson Type III*

Metode Log Person Type III didasarkan pada perubahan data yang ada dalam bentuk logaritma. Distribusi ini digunakan karena fleksibelitasnya.

- Perhitungan menggunakan *Log Pearson Type III* untuk Sta - 0+200 hingga 1+600 :

Perhitungan Parameter *Log Pearson Type III*

- Nilai Rata-rata

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n}$$

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{28,25}{15}$$

$$\text{Log } \bar{X} = 1,88$$

- Standart Deviasi

$$S = \sqrt{\left[\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1} \right]}$$

$$S = \sqrt{\left[\frac{0,30}{15-1} \right]}$$

$$S = 0,146$$

- Perhitungan Koefisien Keruncingan (Ck)

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4$$

$$Ck = \frac{15^2}{(15-1)(15-2)(15-3) \times 0,146^4} \times 0,03$$

$$Ck = 5,983$$

- Perhitungan Koefisien Kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$$

$$Cs = \frac{15}{(15-1)(15-2) \times 0,146^3} \times 0,06$$

$$Cs = 1,512$$

- Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\text{Log } \bar{X}}$$

$$Cv = \frac{0,146}{1,88}$$

$$Cv = 0,078$$

Tabel 4. 41 Perhitungan parameter statistik distribusi *Log Pearson Type III* untuk Sta -0+200 hingga Sta 1+600

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	Log Xi	LogX-Log Xrat	(LogX-Log Xrat)2	(LogX-Log Xrat)3	(LogX-Log Xrat)4
----	-------	-----------	--------------	-----------	------------------	---------------------	---------------------	---------------------

1	2001	80	187	2.272	0.389	0.1511	0.0587314	0.0228294
2	2002	187	123	2.090	0.207	0.0428	0.0088404	0.0018279
3	2003	64.5	100	2.000	0.117	0.0137	0.0015961	0.0001865
4	2004	61	84	1.924	0.041	0.0017	0.0000697	0.0000029
5	2005	64	80	1.903	0.020	0.0004	0.0000079	0.0000002
6	2006	72	79	1.898	0.014	0.0002	0.0000030	0.0000000
7	2007	64	73	1.863	-0.020	0.0004	-0.0000078	0.0000002
8	2008	84	72	1.857	-0.026	0.0007	-0.0000172	0.0000004
9	2009	100	64.5	1.810	-0.074	0.0054	-0.0003983	0.0000293
10	2010	123	64	1.806	-0.077	0.0059	-0.0004557	0.0000351
11	2011	79	64	1.806	-0.077	0.0059	-0.0004557	0.0000351
12	2012	51	62	1.792	-0.091	0.0082	-0.0007472	0.0000678
13	2013	73	61	1.785	-0.098	0.0096	-0.0009355	0.0000915
14	2014	62	54	1.732	-0.151	0.0227	-0.0034252	0.0005163
15	2015	54	51	1.708	-0.176	0.0308	-0.0054113	0.0009500
Jumlah		1218.50	1218.50	28.25	0.00	0.30	0.06	0.03
Log								
rat	1.88							
Sd	0.15							
n	15.00							
Cs	1.51							
Ck	5.98							
Cv	0.08							
k 5								
thn	0.69							
k 10								
thn	1.33							
Xt5	1.98	96.335						
Xt10	2.08	119.68						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dengan koefisien kemencengan $C_s = 1,51$ maka harga k diperoleh seperti pada tabel 4.42.

Tabel 4. 42 Nilai K untuk metode distribusi *Log Pearson Type III* dengan $C_s = 1,51$

Periode Ulang (tahun)	k
5	0,69
10	1,33

(Sumber: Triatmodjo, 2008: 232-233)

Selanjutnya dapat dihitung curah hujan rencana dengan periode ulang (T) 5 dan 10 tahun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada 4.42.

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_5 &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 1,88 + (0,69 \times 0,15) \\
 &= 1,98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_{10} &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 1,88 + (1,33 \times 0,15) \\
 &= 2,08
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 43 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi *Log Pearson Type III*

Periode Ulang (tahun)	Xrat	k	Log R	R
5	1,88	0,69	1,98	96,335
10	1,88	1,33	2,08	119,68

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan perhitungan di atas yang menggunakan Metode Distribusi Gumbel dan Log Pearson Type III maka data C_k dan C_s direkap pada tabel 4.44.

Tabel 4. 44 Rekapitulasi perhitungan C_k dan C_s distribusi frekuensi

Metode	C_k	C_s
Gumbel	9,365	2,354

Log Pearson Type III	5,98	1,51
----------------------	------	------

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- Berikut merupakan perhitungan log pearson Type III untuk Sta 1+625 hingga Sta 5+700

Perhitungan Parameter Log Pearson Type III

- Nilai Rata-rata

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n}$$

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{30,52}{16}$$

$$\text{Log}\bar{X} = 1,91$$

- Standart Deviasi

$$S = \sqrt{\left[\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1} \right]}$$

$$S = \sqrt{\left[\frac{0,27}{16-1} \right]}$$

$$S = 0,135$$

- Perhitungan Koefisien Keruncingan (Ck)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4$$

$$C_k = \frac{16^2}{(16-1)(16-2)(16-3) \times 0,135^4} \times 0,02$$

$$C_k = 5,615$$

- Perhitungan Koefisien Kemencengan (Cs)

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$$

$$Cs = \frac{16}{(16-1)(16-2) \times 0,135^3} \times 0,05$$
$$Cs = 1,486$$

- Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\text{Log}\bar{X}}$$
$$Cv = \frac{0,135}{1,91}$$
$$Cv = 0,071$$

Tabel 4. 45 Perhitungan parameter statistik distribusi *Log Pearson Type III* untuk Sta 1+625 hingga Sta 5+700

No	Tahun	CH max	Xi (rank)	Log Xi	LogX-Log Xrat	(LogX-Log Xrat)2	(LogX-Log Xrat)3	(LogX-Log Xrat)4
1	2001	80	187	2.27	0.36	0.133	0.04830	0.0175898118
2	2002	187	118	2.07	0.16	0.027	0.00443	0.0007272796
3	2003	64.5	113	2.05	0.15	0.021	0.00307	0.0004471475
4	2004	61	105	2.02	0.11	0.013	0.00146	0.0001661105
5	2005	64	84	1.92	0.02	0.000	0.00000	0.0000000762
6	2006	72	80	1.90	0.00	0.000	0.00000	0.0000000004
7	2007	64	80	1.90	0.00	0.000	0.00000	0.0000000004
8	2008	84	72	1.86	-0.05	0.003	-0.00013	0.0000064165
9	2009	70	72	1.86	-0.05	0.003	-0.00013	0.0000064165
10	2010	113	71	1.85	-0.06	0.003	-0.00018	0.0000101213
11	2011	72	70	1.85	-0.06	0.004	-0.00024	0.0000153216
12	2012	71	64.5	1.81	-0.10	0.010	-0.00094	0.0000926235
13	2013	80	64	1.81	-0.10	0.010	-0.00105	0.0001060623
14	2014	105	64	1.81	-0.10	0.010	-0.00105	0.0001060623
15	2015	57	61	1.79	-0.12	0.015	-0.00183	0.0002239580
16	2016	118	57	1.76	-0.15	0.023	-0.00350	0.0005308149
Jumlah		1362.50	1362.50	30.52	0.00	0.27	0.05	0.02

Log Rat	1.91	
Sd	0.14	
n	16.00	
Cs	1.49	
Ck	5.61	
Cv	0.07	
k 5 thn	0.69	
k 10 thn	1.33	
Xt5	2.00	100.29
Xt10	2.09	122.46

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dengan koefisien kemencengan $C_s = 1,49$ maka harga k diperoleh seperti pada tabel 4.46.

Tabel 4. 46 Nilai K untuk metode distribusi *Log Pearson Type III* dengan $C_s = 1,49$

Periode Ulang (tahun)	k
5	0,69
10	1,33

(Sumber: Triatmodjo, 2008: 232-233)

Selanjutnya dapat dihitung curah hujan rencana dengan periode ulang (T) 5 dan 10 tahun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.47.

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_5 &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 1,91 + (0,69 \times 0,14) \\
 &= 2,00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_{10} &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 1,91 + (1,33 \times 0,14)
 \end{aligned}$$

$$= 2,09$$

Tabel 4. 47 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi *Log Pearson Type III*

Periode Ulang (tahun)	Xrat	k	Log R	R
5	1,91	0,69	2,00	100,29
10	1,91	1,33	2,09	122,46

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan perhitungan di atas yang menggunakan Metode Distribusi Gumbel dan Log Pearson Type III maka data Ck dan Cs direkap pada tabel 4.48.

Tabel 4. 48 Rekapitulasi perhitungan Ck dan Cs distribusi frekuensi

Metode	Ck	Cs
Gumbel	8,997	2,256
Log Pearson Type III	5,61	1,49

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.11.4 Uji Kecocokan Distribusi Hujan

Dalam menentukan distribusi curah hujan yang dipakai, kita lakukan perhitungan uji kecocokan dengan menggunakan data hujan yang telah tersedia. Perhitungan uji kecocokan harus dilakukan karena masing-masing perhitungan distribusi hujan memiliki sifat statistik yang khas. Pemilihan distribusi yang tidak tepat dapat mengakibatkan kesalahan perkiraan yang mungkin cukup besar baik *over estimated* maupun *under estimated*. Parameter uji kecocokan yang sering dipakai adalah metode Chi Kuadrat dan metode Smirnov-Kolmogorov.

4.11.4.1 Uji Kecocokan Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Hasil interpretasinya :

1. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima
2. Peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima
3. Apabila peluang berada di antara 1% - 5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, maka perlu ditambah data.

Perhitungan Chi-Kuadrat untuk Sta -0+200 hingga 1+600:

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya data (n)} &= 15 \\
 \text{Taraf Signifikan} &= 5\% \\
 \text{Jumlah sub kelompok} &= 1 + 1.33 \ln 15 \\
 &= 4,60 \sim 5 \\
 \text{Derajat kebebasan} &= G - R - 1 \\
 &= 5 - 2 - 1 = 2
 \end{aligned}$$

- Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson Type III

Data pengamatan dibagi menjadi 5 sub grup dengan interval peluang (P) = 0,1875 dengan menggunakan Distribusi Log Pearson Type III.

Besarnya peluang untuk tiap sub-grup adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Sub grup 1} &P \geq 2,014 \\
 \text{Sub grup 2} &P \geq 1,929 \\
 \text{Sub grup 3} &P \geq 1,860 \\
 \text{Sub grup 4} &P \geq 1,785 \\
 \text{Sub grup 5} &P < 1,785
 \end{aligned}$$

Pembagian sub grup peluang dapat dilihat pada tabel 4.49.

Tabel 4. 49 Pembagian sub grup

Peluang	k	Xt
18,75%	0,895	2,014
37,50%	0,3175	1,929

56,25%	-0,15625	1,860
75,00%	-0,67	1,785

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Diketahui :

Log \bar{X} = 1,88

S = 0,15

- Untuk P = 18,75 %
$$X = \log \bar{X} + k \cdot S$$
$$= 1,88 + (0,895) \cdot 0,15$$
$$= 2,01$$
- Untuk P = 37,50 %
$$X = \log \bar{X} + k \cdot S$$
$$= 1,88 + (0,3175) \cdot 0,15$$
$$= 1,93$$
- Untuk P = 56,25 %
$$X = \log \bar{X} + k \cdot S$$
$$= 1,88 + (-0,156) \cdot 0,15$$
$$= 1,86$$
- Untuk P = 75,00 %
$$X = \log \bar{X} + k \cdot S$$
$$= 1,88 + (-0,67) \cdot 0,15$$
$$= 1,79$$

Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III dapat dilihat pada tabel 4.50.

Tabel 4. 50 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III

NO	Interval	Jumlah	O _i -E _i	(O _i -E _i) ² /E _i
----	----------	--------	--------------------------------	----------------------------------------------------------------

data					
	Sub kelompok	Oi	Ei		
1	$X \geq 2,014$	2	3	1	0,333
2	$2,014 \geq X \geq 1,929$	1	3	4	1,333
3	$1,929 \geq X \geq 1,86$	4	3	1	0,333
4	$1,86 \geq X \geq 1,785$	6	3	9	3
5	$1,785 \geq X$	2	3	1	0,333
	Jumlah	15	15	16	5,333

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Derajat kebebasan (DK): 2

Chi Kuadrat : 5,333

Derajat signifikan alpha : 5%

Tingkat kepercayaan : 95%

Chi Kritis : 5,991 (lihat tabel 2.5)

Dari perhitungan Chi Kuadrat diatas, diperoleh nilai 5,333 dengan derajat kebebasan (dk) = 2 diperoleh nilai chi kuadrat sebesar 5,991, dengan kata lain $5,333 < 5,991$, sehingga perhitungan dapat diterima.

- Perhitungan Chi-Kuadrat untuk Sta 1+625 hingga 5+700:

Banyaknya data (n) = 16

Taraf Signifikan = 5%

Jumlah sub kelompok = $1 + 1.33 \ln 16$

= 4,69 ~ 5

Derajat kebebasan = $G - R - 1$

= $5 - 2 - 1 = 2$

- Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson Type III

Data pengamatan dibagi menjadi 5 sub grup dengan interval peluang (P) = 0,177 dengan menggunakan Distribusi Log Pearson Type III.

Besarnya peluang untuk tiap sub-grup adalah:

Sub grup 1	$P \geq 2,035$
Sub grup 2	$P \geq 1,959$
Sub grup 3	$P \geq 1,898$
Sub grup 4	$P \geq 1,835$
Sub grup 5	$P < 1,835$

Pembagian sub grup peluang dapat dilihat pada tabel 4.51.

Tabel 4. 51 Pembagian sub grup

Peluang	k	Xt
17,65 %	0,944	2,035
35,29 %	0,377	1,959
52,94 %	-0,074	1,898
70,59 %	-0,538	1,835

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Diketahui :

$$\text{Log } \bar{X} = 1,91$$

$$S = 0,14$$

- Untuk $P = 17,65 \%$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 1,91 + (0,944) \cdot 0,14 \\ &= 2,035 \end{aligned}$$
- Untuk $P = 35,29 \%$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 1,91 + (0,377) \cdot 0,14 \\ &= 1,959 \end{aligned}$$
- Untuk $P = 52,94 \%$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 1,91 + (-0,074) \cdot 0,14 \end{aligned}$$

$$= 1,858$$

- Untuk $P = 70,59\%$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 1,91 + (-0,538) \cdot 0,14 \\ &= 1,835 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III dapat dilihat pada tabel 4.52.

Tabel 4. 52 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode *distribusi Log Pearson Type III*

NO	Interval Sub kelompok	Jumlah data		Oi-Ei	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
		Oi	Ei		
1	$X \geq 2,035$	3	3,2	0,04	0,0125
2	$2,035 \geq X \geq 1,959$	1	3,2	4,84	1,5125
3	$1,959 \geq X \geq 1,898$	3	3,2	0,04	0,0125
4	$1,898 \geq X \geq 1,835$	4	3,2	0,64	0,2
5	$1,835 \geq X$	5	3,2	3,24	1,0125
	Jumlah	16	16	8,8	2,75

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Derajat kebebasan (DK): 2

Chi Kuadrat : 2,75

Derajat signifikan alpha : 5%

Tingkat kepercayaan : 95%

Chi Kritis : 5,991 (lihat tabel 2.5)

Dari perhitungan Chi Kuadrat diatas, diperoleh nilai 2,75 dengan derajat kebebasan (dk) = 2 diperoleh nilai chi kuadrat sebesar 5,991, dengan kata lain $2,75 < 5,991$, sehingga perhitungan dapat diterima.

4.11.4.2 Uji Smirnov – Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov atau biasa disebut uji kecocokan non parametrik (*non-parametric test*) karena cara pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

- Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log Pearson Type III untuk Sta -0+200 hingga 1+600

Perhitungan Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat pada tabel 4.53.

Tabel 4. 53 Hasil perhitungan uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov Log Pearson Type III* untuk Sta -0+200 hingga 1+600

No	Xi	Log Xi	P(x)	P(x<) 1-P(x)	f(t)	P'(x)	P'(x<) 1-P'(x)	D
1	187	2.27	0.06	0.94	2.66	0.07	0.93	0.01
2	123	2.09	0.13	0.88	1.41	0.14	0.86	0.02
3	100	2.00	0.19	0.81	0.80	0.21	0.79	0.03
4	84	1.92	0.25	0.75	0.28	0.29	0.71	0.04
5	80	1.90	0.31	0.69	0.14	0.36	0.64	0.04
6	79	1.90	0.38	0.63	0.10	0.43	0.57	0.05
7	73	1.86	0.44	0.56	- 0.14	0.50	0.50	0.06
8	72	1.86	0.50	0.50	- 0.18	0.57	0.43	0.07
9	64.5	1.81	0.56	0.44	- 0.50	0.64	0.36	0.08
10	64	1.81	0.63	0.38	- 0.53	0.71	0.29	0.09
11	64	1.81	0.69	0.31	- 0.53	0.79	0.21	0.10
12	62	1.79	0.75	0.25	- 0.62	0.86	0.14	0.11
13	61	1.79	0.81	0.19	- 0.67	0.93	0.07	0.12
14	54	1.73	0.88	0.13	- 1.03	1.00	0.00	0.13
15	51	1.71	0.94	0.06	- 1.20	1.07	-0.07	0.13

(Sumber: Hasil Perhitungan)

$$\text{Log } \bar{X} \text{ rata-rata} = 1,88$$

$$S = 0,15$$

Dari perhitungan pada tabel 4.53 didapatkan:

$$D_{\max} = 0,19$$

$$D_0 = 0,34 \text{ (diperoleh dari tabel nilai kritis } D_0 \text{ untuk derajat kepercayaan 5\% dan } n = 15)$$

Syarat $D_{\max} < D_0$, $0,13 < 0,34$, maka persamaan distribusi Log Pearson Type III dapat diterima.

Contoh Perhitungan untuk tabel 4.53:

- Perhitungan $P(X)$ = peluang dengan $m = 1$

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{15+1} = 0,06$$

- Untuk perhitungan $P(X <)$ dengan $m = 1$

$$\begin{aligned} P(X <) &= 1 - P(X) \\ &= 1 - 0,06 = 0,94 \end{aligned}$$

- Perhitungan $f(t)$ dengan $m = 1$

$$F(t) = \frac{X - \bar{X}}{S} = \frac{2,27 - 1,88}{0,15} = 2,66$$

- Perhitungan $P'(X)$ = peluang dengan $m = 1$

$$P'(X) = \frac{m}{n-1} = \frac{1}{15-1} = 0,07$$

- Perhitungan $P'(X <)$ dengan $m = 1$

$$\begin{aligned} P'(X <) &= 1 - P'(X) \\ P'(X) &= 1 - 0,07 = 0,93 \end{aligned}$$

- Perhitungan D dengan $m = 1$

$$\begin{aligned} D &= P'(X <) - P'(X <) \\ &= 0,94 - 0,93 = 0,01 \end{aligned}$$

- Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi *Log Pearson Type III* untuk Sta 1+625 hingga 5+700

Perhitungan Uji Kecocokan *Smirnov-Kolmogorov* dapat dilihat pada tabel 4.54.

Tabel 4. 54 Hasil perhitungan uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov Log Pearson Type III* untuk Sta 1+625 hingga 5+700

No	X_i	$\text{Log } X_i$	$P(x)$	$\frac{P(x<)}{1-P(x)}$	$f(t)$	$P'(x)$	$\frac{P'(x<)}{1-P'(x)}$	D
1	187	2.27	0.06	0.94	2.69	0.07	0.93	0.01
2	118	2.07	0.12	0.88	1.21	0.13	0.87	0.02
3	113	2.05	0.18	0.82	1.08	0.20	0.80	0.02
4	105	2.02	0.24	0.76	0.84	0.27	0.73	0.03
5	84	1.92	0.29	0.71	0.12	0.33	0.67	0.04
6	80	1.90	0.35	0.65	-0.03	0.40	0.60	0.05
7	80	1.90	0.41	0.59	-0.03	0.47	0.53	0.05
8	72	1.86	0.47	0.53	-0.37	0.53	0.47	0.06
9	72	1.86	0.53	0.47	-0.37	0.60	0.40	0.07
10	71	1.85	0.59	0.41	-0.42	0.67	0.33	0.08
11	70	1.85	0.65	0.35	-0.46	0.73	0.27	0.09
12	64.5	1.81	0.71	0.29	-0.73	0.80	0.20	0.09
13	64	1.81	0.76	0.24	-0.75	0.87	0.13	0.10
14	64	1.81	0.82	0.18	-0.75	0.93	0.07	0.11
15	61	1.79	0.88	0.12	-0.90	1.00	0.00	0.12
16	57	1.76	0.94	0.06	-1.12	1.07	-0.07	0.13

(Sumber: Hasil Perhitungan)

$\text{Log } X \text{ rata-rata} = 1,91$

$S = 0,14$

Dari perhitungan pada tabel 4.54 didapatkan:

$D_{\max} = 0,13$

$D_0 = 0,33$ (diperoleh dari tabel nilai kritis D_0 untuk derajat kepercayaan 5% dan $n = 16$)

Syarat $D_{max} < D_0$, $0,13 < 0,33$, maka persamaan distribusi Log Pearson Type III dapat diterima.

Contoh Perhitungan untuk tabel 4.54:

- Perhitungan $P(X)$ = peluang dengan $m = 1$

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{16+1} = 0,06$$

- Untuk perhitungan $P(X <)$ dengan $m = 1$

$$\begin{aligned} P(X <) &= 1 - P(X) \\ &= 1 - 0,06 = 0,94 \end{aligned}$$

- Perhitungan $f(t)$ dengan $m = 1$

$$F(t) = \frac{X - \bar{X}}{S} = \frac{2,27 - 1,91}{0,14} = 2,69$$

- Perhitungan $P'(X)$ = peluang dengan $m = 1$

$$P'(X) = \frac{m}{n-1} = \frac{1}{16-1} = 0,07$$

- Perhitungan $P'(X <)$ dengan $m = 1$

$$\begin{aligned} P'(X <) &= 1 - P'(X) \\ P'(X) &= 1 - 0,07 = 0,93 \end{aligned}$$

- Perhitungan D dengan $m = 1$

$$\begin{aligned} D &= P'(X <) - P'(X) \\ &= 0,94 - 0,93 = 0,01 \end{aligned}$$

4.11.4.3 Pemilihan Hujan Rencana

Hujan rencana adalah hujan tahunan terbesar dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi pada suatu daerah. Dari hasil uji distribusi yang digunakan, maka untuk menghitung curah hujan rencana akan menggunakan metode Log Pearson Type III. Kemudian hasil perhitungan metode Log Pearson Type III dapat dilihat pada tabel 4.55 dan tabel 4.56.

Tabel 4. 55 Curah hujan rencana terpilih untuk saluran drainase jalan Sta -0+200 hingga 1+600

Periode Ulang (tahun)	Xr	k	Log R	R
10	1,88	1,33	2,08	119,68

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 56 Curah hujan rencana terpilih untuk saluran drainase jalan Sta 1+625 hingga 5+700

Periode Ulang (tahun)	Xr	k	Log R	R
10	1,91	1,33	2,09	122,46

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dimana:

1. Periode ulang 10 tahun digunakan untuk perhitungan debit rencana saluran.

- Analisis Waktu Konsentrasi

Waktu konsentasi DAS adalah waktu yang diperlukan oleh butiran air untuk bergerak dari titik jatuh pada daerah pengaliran ke titik tinjauan. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus:

$$T_c = T_0 + T_f$$

Dengan:

T_c = Waktu konsentrasi

T_f = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir di sepanjang channel flowing (jam)

T_0 = Waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di permukaan hingga mencapai outlet (jam)

- Contoh perhitungan waktu konsentrasi pada saluran drainase jalan Flyover Sta 0+000 adalah sebagai berikut:

- Pehitungan T_0

Perhitungan T_0 menggunakan rumus Kerby, berikut ini adalah

salah satu contoh perhitungan T_0 pada saluran drainase jalan Sta 0+025.

$$T_0 = 1,44 \times \left(L \times \frac{n}{\sqrt{i}} \right)^{0,467}$$

$$g = \frac{H}{l}$$

$$X = \frac{g}{s} \times W$$

$$L = \sqrt{(W^2 + X^2)}$$

$$\Delta h_g = X \cdot g$$

$$\Delta h_s = W \cdot s$$

$$\Delta h = \Delta h_g + \Delta h_s$$

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Dengan :

H = Beda tinggi elevasi

l = Jarak antar pipa tidak mendatar

g = Kemiringan memanjang jalan

s = Kemiringan melintang jalan

W = Lebar jalan

X = Memanjang

L = Panjang aliran menuju saluran

n = Koefisien kekasaran

$$g = \frac{H}{l}$$

$$g = \frac{16,976 - 16,922}{25}$$

$$g = 0,00216$$

$$X = \frac{g}{s} \times W$$

$$X = \frac{0,00216}{0,02} \times 11,45$$

$$X = 1,2366$$

$$L = \sqrt{(W^2 + X^2)}$$

$$L = \sqrt{(11,45^2 + 1,2366^2)}$$

$$L = 11,5166$$

$$\Delta h_g = X \cdot g$$

$$\Delta h_g = 1,2366 \cdot 0,00216$$

$$\Delta h_g = 0,00267$$

$$\Delta h_s = W \cdot s$$

$$\Delta h_s = 11,45 \cdot 0,02$$

$$\Delta h_s = 0,229$$

$$\Delta h = \Delta h_g + \Delta h_s$$

$$\Delta h = 0,00267 + 0,229$$

$$\Delta h = 0,23167$$

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

$$i = \frac{0,23167}{11,5166}$$

$$i = 0,02012$$

$$T_0 = 1,44 \times \left(L \times \frac{n}{\sqrt{i}} \right)^{0,467}$$

$$T_0 = 1,44 \times \left(11,5166 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,02012}} \right)^{0,467}$$

$$T_0 = 0,11072$$

Perhitungan T_0 saluran drainase jalan yang lain dapat dilihat pada tabel 4.57.

- Perhitungan T_f

Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan T_f pada

saluran drainase jalan pada Sta 0+025.

Perhitungan T_f pada pipa drainase Flyover :

Pipa Vertikal (T_f vertikal)

$h = 2 \text{ m}$ (tebal plat jalan)

$$v = \sqrt{2 \times g \times h}$$

$$v = \sqrt{2 \times 9,8 \times 2}$$

$$v = 6,261 \text{ m/s}$$

$$T_f = \frac{L}{v}$$

$$T_f = \frac{2}{6,261}$$

$$T_f = 0,319$$

Pipa Diagonal (T_f diagonal)

$$T_f = \frac{L}{v}$$

$$T_f = \frac{325,084}{0,5}$$

$$T_f = 650,168$$

Total T_f pada pipa

$$T_f = T_{fv} + T_{fd}$$

$$T_f = 0,319 + 650,168$$

$$T_f = 650,487 \text{ detik}$$

$$T_f = 0,1807 \text{ jam}$$

Dimana:

L = Panjang saluran

$v = \sqrt{2 \times g \times h}$ / direncanakan

h = Tinggi jatuh air

Perhitungan T_f pada pipa yang melintang dibawah Frontage, berikut merupakan contoh perhitungan untuk Sta 0+550 :

$$T_f = \frac{L}{v}$$

$$T_f = \frac{14,9}{0,5}$$

$$T_f = 0,0103 \text{ jam}$$

Perhitungan T_f pada saluran drainase jalan Sta 0+550 hingga 0+050 :

$$T_f = \frac{L}{V}$$

$$T_f = \frac{515}{0,8} \div 3600$$

$$T_f = 0,179 \text{ jam}$$

Perhitungan T_f saluran drainase jalan yang lain dapat dilihat pada tabel 4.57

- Perhitungan T_c

Contoh perhitungan waktu konsentrasi (T_c) pada sta 0+050 yang dimana berbatasan dengan Saluran Primer Jeblokan. Dikarenakan terdapat flyover pada layout perencanaan jalan yang ada, maka perlu diperhatikan rute alirannya berdasarkan sistem aliran yang telah direncanakan.

$$\begin{aligned} T_c &= T_0 + T_{f1} + T_{f2} + T_{f3} \\ &= 0,11023 \text{ jam} + 0,195 \text{ jam} + 0,0103 \text{ jam} + 0,1788 \text{ jam} \\ &= 0,49397 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dimana :

T_0 = Aliran permukaan jalan di titik terjauh

T_{f1} = Waktu tempuh aliran pada pipa Flyover dari titik terjauh

T_{f2} = Waktu tempuh aliran pada pipa yang melintang dibawah frontage

T_{f3} = Waktu tempuh aliran pada saluran drainase jalan di tepi frontage hingga ke titik tinjau (saluran pembuang)

Untuk Perhitungan T_c tiap sungai berdasarkan sistem alirannya dari titik terjauh dapat dilihat pada Tabel 4.56.

Tabel 4. 57 Perhitungan nilai Tc tiap titik tinjau

No	Nama Saluran Pembuang	To Flyover		Tf1		Tf2		Tf3		Tc	
		Sta	jam	jam	Sta	jam	jam	Sta	jam	Sta	jam
1	P. Jeblokan	0+900	0.1102	0.1946	0+550	0.0103	0.1788	0+050	0.4940		
2	S. Kyai	0+925	0.1186	0.1529	1+200	0.0103	0.1257	1+550	0.4075		
	Tambak Deres	1+650	0.1102	0.1946	2+000	0.0103	0.1324	1+625	0.4475		
3	S. Lebak Indah	3+075	0.1102	0.5557	2+075	0.0103	0.1153	2+400	0.7915		
		3+100	0.1107	0.3335	3+700	0.0103	0.4385	2+450	0.8930		
4	Sudetan	4+250	0.1102	0.1807	4+600	0.0103	0.1285	4+950	0.4297		
	Kenjeran	4+950	0.1102	0.1668	5+250	0.0103	0.0861	5+025	0.3735		
5	P. Kepiting	5+700	0.1102	0.1807	5+375	0.0103	0.1069	5+700	0.4082		

(Sumber : Hasil perhitungan)

4.11.5 Analisis Intensitas Hujan

Besar intensitas hujan berbeda-beda. Waktu curah hujan sangat mempengaruhi besar kecilnya intensitas hujan. Karena data yang tersedia hanya data curah hujan harian saja, maka perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe, yaitu:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{T_c} \right]^{2/3}$$

Dengan:

I_t = Intensitas hujan dalam 1 jam (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan efektif dalam 1 jam

T_c = Waktu konsentasi

4.11.5.1 Intensitas Hujan Periode 10 Tahun

Intensitas hujan periode ulang 10 tahun ini dihitung menggunakan rumus Mononobe dengan menggunakan curah hujan harian maksimum periode ulang 10 tahun metode Log Pearson Type III. Intensitas hujan 10 tahun digunakan untuk mengetahui debit rencana 10 tahun yang digunakan untuk mengetahui besar debit banjir rencana pada Saluran drainase jalan yang di tinjau.

Perhitungan intensitas hujan periode 10 tahun di saluran drainase jalan Sta 0+050 adalah sebagai berikut:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{T_c} \right]^{2/3}$$

$$I_t = \frac{119,68}{24} \times \left[\frac{24}{0,49397} \right]^{2/3}$$

$$I_t = 66,3974 \text{ mm/jam}$$

4.11.6 Perhitungan Debit rencana

Berikut ini adalah contoh perhitungan debit rencana pada saluran drainase jalan Sta 0+050.

Diketahui:

$$C = 0,356$$

$$I_t = 66,3974 \text{ mm/jam}$$

$$A = 0,13804 \text{ km}^2$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I_t \times A$$

$$Q = \frac{1}{3,6} \times 0,356 \times 66,3974 \text{ mm/jam} \times 0,13804 \text{ km}^2$$

$$Q = 0,90723 \text{ m}^3/\text{det}$$

Dikarenakan perencanaan jalan yang identik maka perhitungan dimensi saluran drainase jalan ruas kanan dan kiri dapat disamakan, dengan perhitungan yang dapat di lihat pada tabel 4.58.

Tabel 4. 58 Perhitungan debit rencana saluran drainase Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya

No	Nama Saluran	Sta	C	It	A	Q
1	P. Jeblokan	0+050	0.356049	66.397391	0.138043	0.907235
2	S. Kyai Tambak Deres	1+550	0.275042	75.481984	0.266003	1.535234
		1+625	0.283754	72.56494	0.117731	0.673912
3	S. Lebak Indah	2+400	0.299428	49.617197	0.141323	0.583689
		2+450	0.338982	45.781617	0.286855	1.237584

4	Sudetan Kenjeran	4+950	0.280255	74.555364	0.16703	0.970223
		5+025	0.3377	81.865176	0.077394	0.594818
5	P. Kepiting	5+700	0.35601	77.15085	0.061281	0.467921

(Sumber : Hasil perhitungan)

Dikarenakan perencanaan jalan yang identik maka perhitungan dimensi saluran pipa jalan ruas kanan dan kiri dapat disamakan, dengan perhitungan yang dapat di lihat pada tabel 4.59.

Tabel 4. 59 Perhitungan debit rencana pada saluran pipa *Flyover*

No	Pipa pada Sta	C	It	A	Q
1	0+000	0.7	91.60784	0.0040084	0.071457
2	0+900	0.7	91.60913	0.0040083	0.071456
3	0+925	0.7	98.95744	0.0031497	0.060654
4	1+625	0.7	96.6946	0.0037221	0.070038
5	1+650	0.7	93.74073	0.0040083	0.073118
6	3+075	0.7	55.67622	0.0114503	0.12406
7	3+100	0.7	72.93171	0.0068706	0.097511
8	4+250	0.7	93.74008	0.0040083	0.073119
9	4+275	0.7	96.7025	0.0037219	0.070039
10	4+925	0.7	103.3741	0.0031494	0.063355
11	4+950	0.7	99.90865	0.0034356	0.066796
12	5+700	0.7	96.69671	0.0037221	0.07004

(Sumber : Hasil perhitungan)

Untuk perhitungan debit rencana pada saluran pipa yang melintang di bawah *Frontage* dapat di lihat pada tabel 4.60.

Tabel 4. 60 Perhitungan debit rencana pada saluran pipa yang melintang di bawah Frontage

No	Pipa melintang frontage pada Sta	C	It	A	Q
1	0+350	0.7	89.59159	0.0040084	0.069884
2	0+550	0.7	89.5928	0.0040083	0.069883
3	1+200	0.7	96.52032	0.0031497	0.05916
4	1+300	0.7	92.31979	0.0037221	0.066869
5	2+000	0.7	91.67749	0.0040083	0.071509
6	2+075	0.7	55.10682	0.0114503	0.122791
7	3+700	0.7	71.82056	0.0068706	0.096025
8	3+900	0.7	91.67687	0.0040083	0.07151
9	4+600	0.7	94.47532	0.0037219	0.068426
10	4+650	0.7	100.7506	0.0031494	0.061747
11	5+250	0.7	97.49572	0.0034356	0.065182
12	5+375	0.7	94.46985	0.0037221	0.068427

(Sumber : Hasil perhitungan)

4.11.7 Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisting dengan Debit Rencana

Perbandingan kapasitas saluran eksisting dengan debit rencana adalah cara membandingkan kapasitas saluran dengan debit rencana. Apabila kapasitas saluran eksisting lebih besar daripada debit rencana, maka saluran tersebut dikatakan aman. Tetapi apabila kapasitas saluran eksisting lebih kecil daripada debit rencana maka saluran tersebut banjir.

Dikarenakan sungai-sungai yang ditinjau menjadi saluran pembuang terhadap saluran Drainase jalan maka perlu di tambahkan debit banjir dari Jalan Lingkar Luar Timur rencana pada sungai yang ditinjau.

Contoh perhitungan penambahan debit banjir rencana dari saluran drainase jalan pada Saluran Primer Jeblokan sebelah kiri Jalan Lingkar Luar Timur:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{jeblokan}} &= 2,938 \text{ m}^3/\text{det} \\
 Q_{\text{sta 0+050}} &= 0,90723 \text{ m}^3/\text{det} \\
 Q_{\text{rencana}} &= 2,938 + 0,90723 \\
 &= 3,845 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan dimensi eksisting, perhitungan hidrolika pada Saluran Primer Jeblokan didapatkan hasil $Q_{\text{hidrolika}} = 19,101 \text{ m}^3/\text{det}$. Maka $Q_{\text{rencana}} < Q_{\text{hidrolika}}$, dimana dapat disimpulkan Saluran Primer Jeblokan mampu menerima debit dari saluran drainase Jalan Lingkar Luar Timur.

Rekapitulasi perbandingan Q_{rencana} dan $Q_{\text{hidrolika}}$ saluran lainnya dapat dilihat pada tabel 4.61 serta tabel 4.62.

Tabel 4. 61 Perbandingan debit rencana periode ulang 10 tahun saluran pembuang di sisi kiri Jalan Lingkar Luar Timur.

No	Nama Saluran	Q Rencana (m ³ /det)	Q eksisting (m ³ /det)	Keterangan
1	P. Jeblokan	3.845	19.101	aman
2	S. Kyai Tambak Deres	5.117	4.154	meluber
3	S. Lebak Indah	10.425	13.815	aman
4	Sudetan Kenjeran	20.068	35.918	aman
5	P. Kepiting	6.402	7.427	aman

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 62 Perbandingan debit rencana periode ulang 10 tahun saluran pembuang di sisi kanan Jalan Lingkar Luar Timur.

No	Nama Saluran	Q Rencana (m ³ /det)	Q eksisting (m ³ /det)	Keterangan
1	P. Jeblokan	4.752	19.101	aman
2	S. Kyai Tambak Deres	7.326	4.154	meluber
3	S. Lebak Indah	12.246	13.815	aman
4	Sudetan Kenjeran	21.633	35.918	aman
5	P. Kepiting	6.870	7.427	aman

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.12 Analisis Hidrolika saluran drainase Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya

Analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui apakah secara teknis sistem drainase direncanakan sesuai dengan persyaratan teknis. Analisis ini diantaranya perhitungan kapasitas saluran dan perencanaan saluran.

4.12.1 Perhitungan *Full Bank Capacity*

Full bank capacity existing adalah besarnya debit tampungan pada saluran sesuai dengan keadaan di lapangan. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan penampang saluran untuk menampung limpasan air hujan.

Rumus kecepatan rata-rata yang digunakan pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus manning, karena rumus ini mempunyai bentuk yang sederhana.

- Contoh perhitungan *full bank capacity existing* saluran drainase jalan pada Sta 0+900 hingga 0+050 dengan data sebagai berikut:

Bentuk saluran U-ditch 2x2

$$b = 2 \text{ m}$$

$$h = 2 \text{ m}$$

$$n = 0,015 \text{ (saluran beton)}$$

$$I_o = 0,0001 \text{ (direncanakan)}$$

Penyelesaian:

$$A_{\text{tot}} = b \times h$$

$$= 2 \times 2$$

$$= 4 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h$$

$$= 2 + (2 \times 2)$$

$$= 6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{4 \text{ m}^2}{6 \text{ m}} \\
 &= 0,667 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\
 &= \frac{1}{0,015} \times 0,667^{2/3} \times 0,0001^{1/2} \\
 &= 0,509 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= A \times V \\
 &= 4 \text{ m}^2 \times 0,509 \text{ m/det} \\
 &= 2,035 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Qhidrolika > Qhidrologi, dimensi dapat diterima.

Perhitungan hidrolika saluran drainase jalan dapat dilihat pada tabel 4.63.

Tabel 4. 63 Perhitungan saluran drainase jalan

Sta	Q logi	b sal	h sal	A	P	R	i	V	Q lika	Kontrol	
hulu	hilir	m3/det	m	m	m2	m	m	m/s	m³/detik		
0+900	0+050	0.91	2	2	4	6	0.67	0.0001	0.509	2.035	ok
0+925	1+550	1.54	2	1.8	3.6	5.6	0.64	0.0001	0.497	1.788	ok
2+025	1+625	0.67	1.8	1.8	3.24	5.4	0.60	0.00005	0.335	1.087	ok
2+050	2+400	0.58	2	2	4	6	0.67	0.0001	0.509	2.035	ok
3+900	2+450	1.24	2	2	4	6	0.67	0.0001	0.509	2.035	ok
4+600	4+950	0.97	2	2	4	6	0.67	0.0001	0.509	2.035	ok
5+300	5+025	0.59	2	2	4	6	0.67	0.0001	0.509	2.035	ok
5+325	5+700	0.47	2	2	4	6	0.67	0.0001	0.509	2.035	ok

(Sumber : Hasil perhitungan)

- Contoh perhitungan *full bank capacity* pipa Flyover Sta 0+000 hingga Sta 0+350 dengan data sebagai berikut:
Q hidrologi = 0,0575 m3/det

$$\begin{aligned}
 n &= 0,001 \\
 \Delta h &= 4,20 \text{ m (beda elevasi puncak dan kaki Flyover)} \\
 L &= 350 \text{ m} \\
 I &= \frac{\Delta h}{L} \\
 I &= \frac{4,20}{350} \\
 I &= 0,01
 \end{aligned}$$

Direncanakan y (m) sama dengan $0,5 D_o$ maka didapatkan dari grafik nilai Q/Q_o yaitu :

$$\frac{Q}{Q_o} = 0,485$$

$$Q_o = \frac{0,0575}{0,485}$$

$$Q_o = 0,1186 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_o = \frac{1}{n} \times \left(\frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D_o^2}{\pi \times D_o} \right)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$$

$$0,1186 = \frac{1}{0,001} \times \left(\frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D_o^2}{\pi \times D_o} \right)^{\frac{2}{3}} \times 0,01^{\frac{1}{2}}$$

$$D_o = 0,120 \text{ m}$$

$$D_o = 12 \text{ cm}$$

Jadi, berdasarkan pipa yang ada di lapangan dipakai pipa 6 dim

Perhitungan hidrolika untuk merencanakan D_o pipa *Flyover* dapat dilihat pada tabel 4.64.

Tabel 4. 64 Perhitungan pipa *Flyover*

Sta	$\frac{Q}{\text{m}^3/\text{det}}$	Δh	L	i	y (m)	Q/Q_o (dari grafik)	Q_o logi	D_o (m)	y (m)	Q_o lika
0+000	0.0575	4.20	350.00	0.01	0,5 Do	0.4850	0.1186	0.120	0.091	0.118
0+350	0.0563		14.90	0.02	0,5 Do	0.4850	0.1160	0.108	0.082	0.116
0+550	0.0563		14.90	0.02	0,5 Do	0.4850	0.1160	0.108	0.082	0.116

0+900	0.0575	6.82	350.00	0.02	0,5 Do	0.4850	0.1186	0.109	0.083	0.119
0+925	0.0488	6.77	275.00	0.02	0,5 Do	0.4850	0.1007	0.098	0.075	0.101
1+200	0.0476			0.02	0,5 Do	0.4850	0.0982	0.102	0.078	0.099
1+300	0.0538			0.02	0,5 Do	0.4850	0.1110	0.106	0.081	0.111
1+625	0.0574	6.97	325.00	0.02	0,5 Do	0.4850	0.1183	0.107	0.082	0.119
1+650	0.0599	6.79	350.00	0.02	0,5 Do	0.4850	0.1235	0.111	0.085	0.124
2+000	0.0586			0.02	0,5 Do	0.4850	0.1207	0.110	0.084	0.121
2+075	0.1006			0.02	0,5 Do	0.4850	0.2073	0.134	0.102	0.207
3+075	0.1016	7.72	1000.00	0.01	0,5 Do	0.4850	0.2095	0.161	0.123	0.209
3+100	0.0799	7.87	600.00	0.01	0,5 Do	0.4850	0.1647	0.133	0.101	0.164
3+700	0.0786			0.02	0,5 Do	0.4850	0.1621	0.122	0.093	0.162
3+900	0.0586			0.02	0,5 Do	0.4850	0.1207	0.110	0.084	0.121
4+250	0.0599	7.08	350.00	0.02	0,5 Do	0.4850	0.1235	0.110	0.084	0.124
4+275	0.0574	5.88	325.00	0.02	0,5 Do	0.4850	0.1183	0.111	0.085	0.119
4+600	0.0560			0.02	0,5 Do	0.4850	0.1155	0.108	0.082	0.116
4+650	0.0506			0.02	0,5 Do	0.4850	0.1043	0.104	0.079	0.105
4+925	0.0519	5.55	275.00	0.02	0,5 Do	0.4850	0.1070	0.105	0.08	0.108
4+950	0.0547	5.59	300.00	0.02	0,5 Do	0.4850	0.1128	0.108	0.083	0.113
5+250	0.0534			0.02	0,5 Do	0.4850	0.1101	0.106	0.081	0.110
5+375	0.0560			0.02	0,5 Do	0.4850	0.1155	0.108	0.082	0.116
5+700	0.0574	7.07	325.00	0.02	0,5 Do	0.4850	0.1183	0.107	0.082	0.119

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.13 Analisa Elevasi saluran drainase jalan terhadap saluran pembuang

Perlu dibandingkan antara elevasi muka air sungai dan muka air saluran drainase jalan, elevasi muka air pada sungai harus lebih rendah agar tidak terjadi *backwater* pada saluran drainase jalan.

Berikut merupakan rekapitulasi elevasi tiap titik tinjau:

Tabel 4. 65 Rekapitulasi elevasi tiap titik tinjau pada Sungai sebelah kiri Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya

Saluran	Elv. Tanggul	Elv. Muka Air	Elv. Dasar Saluran
Primer Jeblokan	7.7123	6.760	6.3
Sta 0+050	8.8835	7.94353	6.8835
1+550	8.9	8.7	7.1
Sekunder Kyai Tambak Deres	8.6	8.901	7
1+625	9.12375	8.654	7.32375
2+400	9.1075	7.87205	7.1075
Sekunder Lebak Indah	7,131	6.634	5.3
2+450	9.003	8.34838	7.003
4+950	10.0795	9.1947	8.0795
Sudetan Kenjeran	10	9,042	7.2
5+025	9.899	8.67411	7.899
5+700	9.8375	8.89753	7.8375
Primer Kepiting	5.769	5.702	5

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 66 Rekapitulasi elevasi tiap titik tinjau pada Sungai sebelah kanan Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya

Saluran	Elv. Tanggul	Elv. Muka Air	Elv. Dasar Saluran
Primer Jeblokan	7.712	6.835	6.300
Sta 0+050	8.884	7.944	6.884
1+550	8.900	8.700	7.100
Sekunder Kyai Tambak Deres	8.600	9.578	7.000
1+625	9.124	8.654	7.324
2+400	9.108	7.872	7.108
Sekunder Lebak Indah	7,131	6.791	5.300
2+450	9.003	8.348	7.003

4+950	10.080	9.195	8.080
Sudetan Kenjeran	10.000	9,143	7.200
5+025	9.899	8.674	7.899
5+700	9.838	8.898	7.838
Primer Kepiting	5.769	5.733	5.000

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.14 Gorong-gorong

Dalam pengerjaan tugas akhir ini terdapat gorong-gorong yang melintasi Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya, diperuntukan untuk mengalirkan Sungai melintas di bawah jalan. Berikut merupakan contoh perhitungan gorong-gorong untuk Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres:

$$Q = 4,12 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$L = 10 \text{ meter}$$

Karena $L < 20$ meter, maka gorong-gorong Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres termasuk dalam gorong-gorong pendek Gorong-gorong direncanakan berbentuk persegi, dengan lebar saluran 1,6 m, tinggi saluran 1,6 m berjumlah 2 buah, berdasarkan Q hidrologi didapatkan h air = 1,72 m, nilai Koefisien manning (n) = 0,011 serta nilai $\alpha = 1$

$$A = b \times \text{hair}$$

$$A = 1,6 \times 1,72$$

$$A = 2,74 \text{ m}^2$$

$$P = b + (2 \times h)$$

$$P = 1,6 + (2 \times 1,72)$$

$$P = 5,03 \text{ m}^2$$

$$\lambda = (0,01989 + \frac{0,0005078 \times P}{4 \times A}) \times \alpha$$

$$\lambda = (0,01989 + \frac{0,0005078 \times 5,03}{4 \times 2,74}) \times 1,3$$

$$\lambda = 0,0302$$

$$z = \left(1 + \alpha + \lambda + \frac{P \times L}{4 \times A}\right) \times \frac{v^2}{2g}$$

$$z = \left(1 + 1 + 0,03 + \frac{5,03 \times 10}{4 \times 2,74}\right) \times \frac{1,500}{2 \times 9,8}$$

$$z = 0,39 \text{ meter}$$

Untuk perhitungan gorong-gorong pendek yang lainnya dapat dilihat pada tabel 4.67.

Tabel 4. 67 Perhitungan gorong-gorong pendek tiap sungai yang ditinjau

Nama Sungai	Q logi	b sungai	jml. Gorong	b	h sal	h air	V	A	P	R	λ	z	i
Jeblokan	3,84	9	2	4	1.4	0.20	1.500	1.59	8.79	0.18	0.0309	0.28	0.000347241
Kyai Tambak Deres	5,12	1.6	1	1.6	1,6	1.72	1.500	2.74	5,03	0.55	0.0302	0.39	0.001135601
Lebak Indah	10,43	4.8	2	2.2	1,6	1.19	1.500	5.24	9.16	0.57	0.0302	0.40	0.000388748
Kenjeran Sudetan	20,07	5.4	2	2.5	3	1.52	1.500	7.61	11.09	0.69	0.0301	0.43	0.000475551
Kepiting	6,40	9.8	3	3	1	0.32	1.500	2.89	10.92	0.26	0.0306	0.31	0.00022278

(Sumber : Hasil perhitungan)

Untuk gorong-gorong pada Saluran sekunder Kyai Tambak Deres dimensi gorong-gorong disesuaikan dengan dimensi salurannya dikarenakan sudah berbentuk persegi, namun pada perhitungan *full bank capacity* sungai pada sisi kiri jalan sudah hampir tidak mampu untuk menampung debit rencana. Oleh karena itu Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres perlu diadakan normalisasi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisa diatas maka, sistem aliran pada saluran Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya Tahap 1 dapat disesuaikan berdasarkan elevasi jalan yang ada.

Perhitungan debit banjir rencana pada saluran drainase Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya Tahap 1 didapatkan berdasarkan data curah hujan 16 tahun , dengan periode ulang 10 tahun yang terdiri dari sta 0+050 dengan debit 0,907 m³/det, sta 1+550 dengan debit 1,535 m³/det, sta 1+625 dengan debit 0,674 m³/det, sta 2+400 dengan debit 0,584 m³/det, sta 2+450 dengan debit 1,238 m³/det, sta 4+950 dengan debit 0,970 m³/det, sta 5+025 dengan debit 0,595 m³/det dan sta 5+700 dengan debit 0,468 m³/det.

Berdasarkan analisa hidrologi serta hidrolika, maka didapatkan dimensi yang sesuai untuk saluran drainase Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya Tahap 1. Direncanakan menggunakan saluran U-Ditch yang terdiri sta 0+900 hingga sta 0+050 dengan lebar 2m dan tinggi 2m, sta 0+925 hingga sta 1+550 dengan lebar 2m dan tinggi 1,8m, sta 2+025 hingga sta 1+625 dengan lebar 1,8m dan tinggi 1,8m, sta 2+050 hingga sta 2+400 dengan lebar 2m dan tinggi 2m, sta 3+900 hingga sta 2+450 dengan lebar 2m dan tinggi 2m, sta 4+600 hingga sta 4+950 dengan lebar 2m dan tinggi 2m, sta 5+300 hingga sta 5+025 dengan lebar 2m dan tinggi 2m dan sta 5+325 hingga sta 5+700 dengan lebar 2m dan tinggi 2m.

Perencanaan gorong-gorong pada sungai yang terpotong jalan direncanakan sesuai dengan dimensi eksistingnya , serta didapatkan kehilangan energi pada perencanaan gorong-gorong. Berikut perencanaan gorong- gorong Kali Jeblokan dengan lebar 4m , tinggi 1,4m dan berjumlah 2 buah, Kali Kyai Tambak Deres dengan lebar 1,6m , tinggi 1,6m dan berjumlah 1 buah, Kali Lebak Indah dengan lebar 2,2m , tinggi 1,6m dan berjumlah 2 buah, Kali

Sudetan Kenjeran dengan lebar 2,5m , tinggi 3m dan berjumlah 2 buah, Kali Kepiting dengan lebar 3m , tinggi 1m dan berjumlah 3 buah,

Analisa hidrologi dan analisa hidrolika pada sungai yang telah dilakukan dapat menjadi acuan dalam membandingkan kapasitas eksisting dengan debit banjir rencana, lalu didapatkan kesimpulan bahwa untuk saluran Jeblokan, saluran Lebak Indah, saluran sudetan Kenjeran, dan Kali kepiting mampu menerima debit dari saluran drainase Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya Tahap 1. Sedangkan untuk saluran Kyai Tambak Deres perlu diadakan normalisasi dikarenakan tidak mampu menampung debit limpasan dari Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya Tahap 1.

Berdasarkan perencanaan elevasi saluran drainase jalan yang telah dilakukan di tiap titik tinjau dapat disimpulkan bahwa, tidak terjadi *backwater* dari sungai di semua saluran drainase Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya Tahap 1. Dengan kebutuhan untuk elv.muka air Sta 0+050 harus lebih tinggi dari elv.muka air Kali Jeblokan +6,835 dan elevasi yang didapatkan +7,944, elv.muka air Sta 1+550 harus lebih tinggi dari elv.muka air Kali Kyai Tambak Deres +8,600 dan elevasi yang didapatkan +8,700, elv.muka air Sta 1+625 harus lebih tinggi dari elv.muka air Kali Kyai Tambak Deres +8,600 dan elevasi yang didapatkan +8,654, elv.muka air Sta 2+400 harus lebih tinggi dari elv.muka air Kali Lebak Indah +6,791 dan elevasi yang didapatkan +7,872, elv.muka air Sta 2+450 harus lebih tinggi dari elv.muka air Kali Lebak Indah +6,791 dan elevasi yang didapatkan +8,348, elv.muka air Sta 4+950 harus lebih tinggi dari elv.muka air Kali Sudetan Kenjeran +9,143 dan elevasi yang didapatkan +9,195, elv.muka air Sta 5+025 harus lebih tinggi dari elv.muka air Kali Sudetan Kenjeran +9,143 dan elevasi yang didapatkan +8,674 serta elv.muka air Sta 5+700 harus lebih tinggi dari elv.muka air Kali Kepiting +5,733 dan elevasi yang didapatkan +8,898.

5.2 Saran

Dikarenakan Saluran Sekunder Kyai Tambak Deres tidak

mencukupi untuk menampung debit banjir rencana , maka perlu diadakan normalisasi.

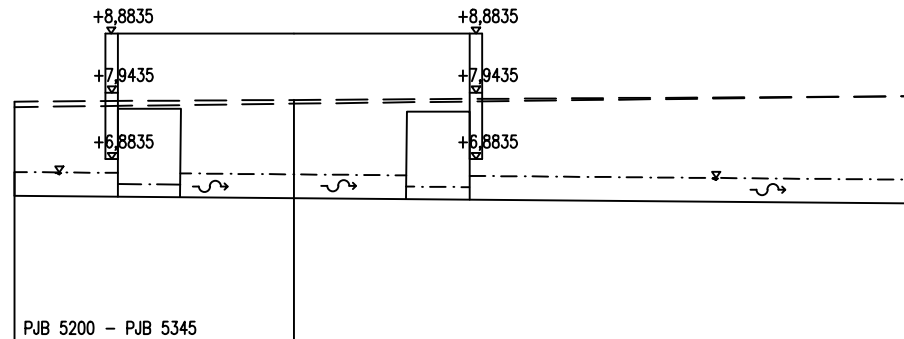
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA


- Anggrahini. (1996). *Hidrolika Saluran Terbuka*. Surabaya: CV. Citra Media.
- Dinas PU Binamarga dan Pematusan Surabaya. (2018). *SDMP (Surabaya Drainage Master Plan)*.
- Harto, S. (1993). *Analisis Hidrologi*. Yogyakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Loebis, J. (1984). *Banjir Rencana untuk Bangunan Air*. Jakarta: Badan Penerbit.
- Soemarto, C. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soesrodarsono, S. (1993). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung: NOVA.
- Subarkah, I. (1980). *Hidrologi untuk Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Suripin. (2003). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Semarang: ANDI.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

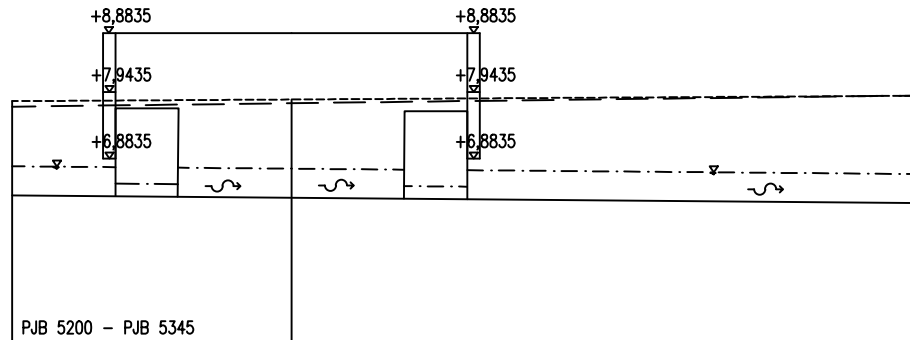
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN




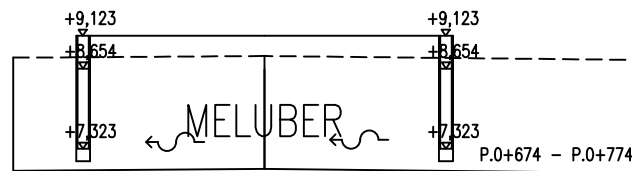
ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN -----	+7,800	+7,826	+7,891
	ELEVASI TANGGUL KIRI -----	+7,712	+7,767	+7,886
	ELEVASI MUKA AIR -----	+6,760	+6,721	+6,636
	ELEVASI DASAR SALURAN -----	+6,300	+6,262	+6,176

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER		
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Kali Jeblok (Kiri) JLLT sta 0+050	36	01			
		SKALA					
		H = 1:1000					V = 1:100




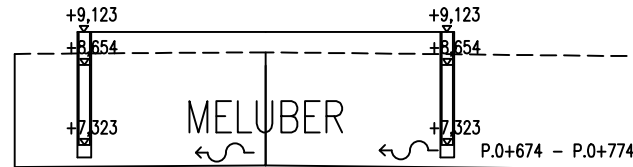
ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN -----	+7,800	+7,826	+7,891
	ELEVASI TANGGUL KIRI -----	+7,712	+7,767	+7,886
	ELEVASI MUKA AIR -----	+6,835	+6,797	+6,711
	ELEVASI DASAR SALURAN -----	+6,300	+6,262	+6,176

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Kali Jeblok (Kanan) JLT sta 0+050	36	02		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				

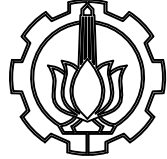


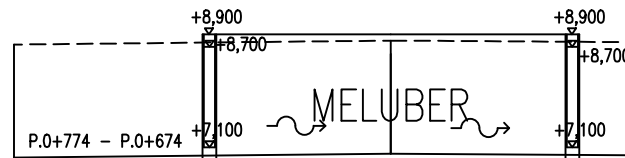
ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN — — — — —	+8,774	+8,800	+8,737
	ELEVASI TANGGUL KIRI — — — — —	+8,774	+8,800	+8,737
	ELEVASI MUKA AIR - - - - -	+8,774	+8,800	+8,737
	ELEVASI DASAR SALURAN — — — — —	+6,974	+7,000	+6,937

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Kali K.T.Deres (Kiri) JLLT sta 1+625	36	03		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				




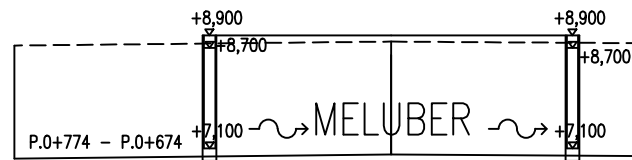
ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN — — — — —	+8,774	+8,800	+8,737
	ELEVASI TANGGUL KIRI — — — — —	+8,774	+8,800	+8,737
	ELEVASI MUKA AIR - - - - -	+8,774	+8,800	+8,737
	ELEVASI DASAR SALURAN — — — — —	+6,974	+7,000	+6,937

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Kali K.T.Deres (Kanan) JLT sta 1+625	36	04		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				




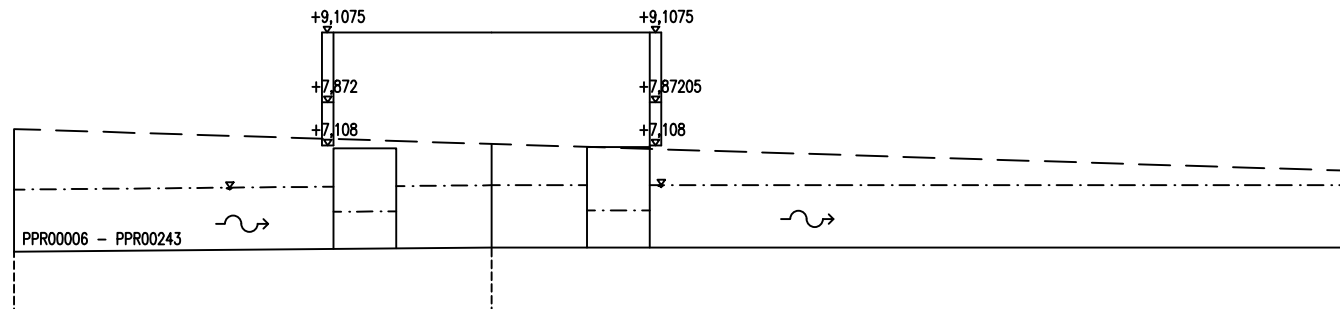
ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN — — — — —	+8,737	+8,800	+8,774
	ELEVASI TANGGUL KIRI — — — — —	+8,737	+8,800	+8,774
	ELEVASI MUKA AIR - - - - -	+8,737	+8,800	+8,774
	ELEVASI DASAR SALURAN — — — — —	+6,937	+7,000	+6,974

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Kali K.T.Deres (Kiri) JLLT sta 1+550	36	05		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				




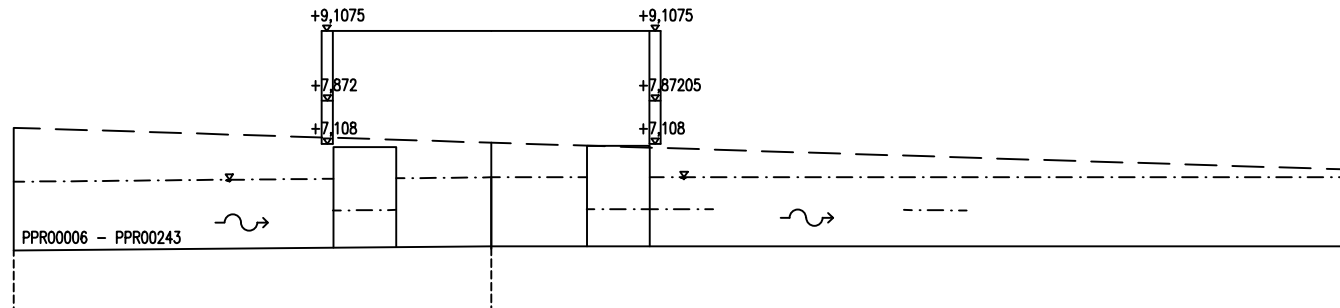
ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN — — — — —	+8,737	+8,800	+8,774
	ELEVASI TANGGUL KIRI — — — — —	+8,737	+8,800	+8,774
	ELEVASI MUKA AIR - - - - -	+8,737	+8,800	+8,774
	ELEVASI DASAR SALURAN — — — — —	+6,937	+7,000	+6,974

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Kali K.T.Deres (Kanan) JLT sta 1+550	36	06		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				

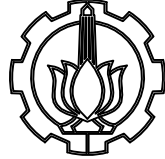


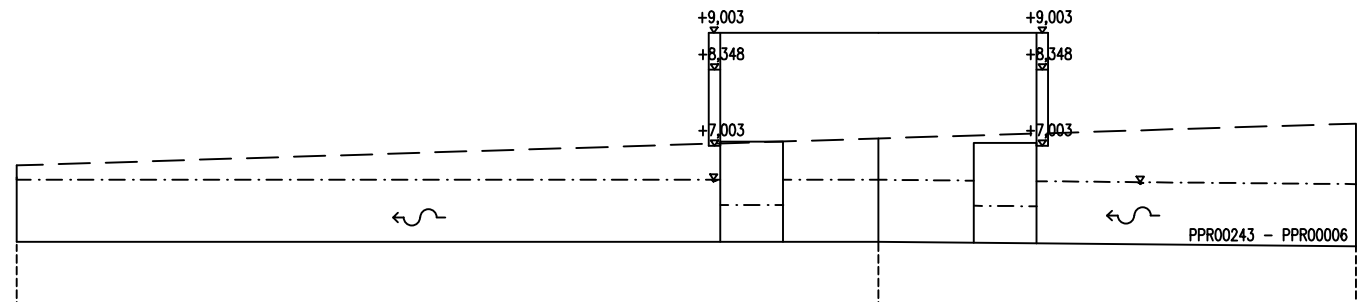
ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN	+7,396	+7,1314	+6,705
	ELEVASI TANGGUL KIRI	+7,396	+7,1314	+6,705
	ELEVASI MUKA AIR	+6,607	+6,634	+6,684
	ELEVASI DASAR SALURAN	+5,273	+5,300	+5,350

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Kali L. Indah (Kiri) JLLT sta 2+400	36	07		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				




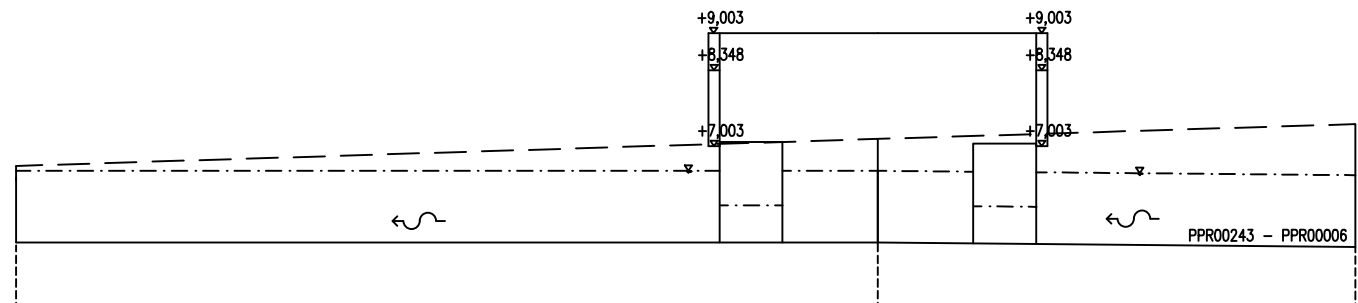
ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN	+7,396	+7,1314	+6,705
	ELEVASI TANGGUL KIRI	+7,396	+7,1314	+6,705
	ELEVASI MUKA AIR	+6,764	+6,791	+6,841
	ELEVASI DASAR SALURAN	+5,273	+5,300	+5,350

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Kali L. Indah (Kanan) JLLT sta 2+400	36	08		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				

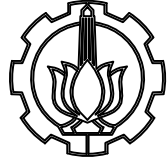


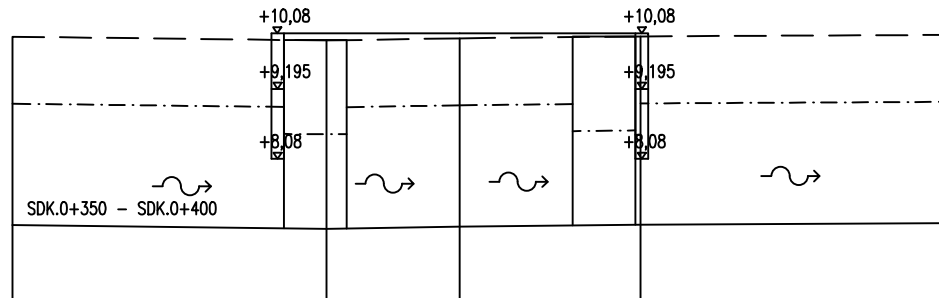
ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN -----	+6,705	+7,1314	+7,396
	ELEVASI TANGGUL KIRI -----	+6,705	+7,1314	+7,396
	ELEVASI MUKA AIR -----	+6,684	+6,634	+6,607
	ELEVASI DASAR SALURAN -----	+5,350	+5,300	+5,273

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Kali L. Indah (Kiri) JLT sta 2+475	36	09		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				




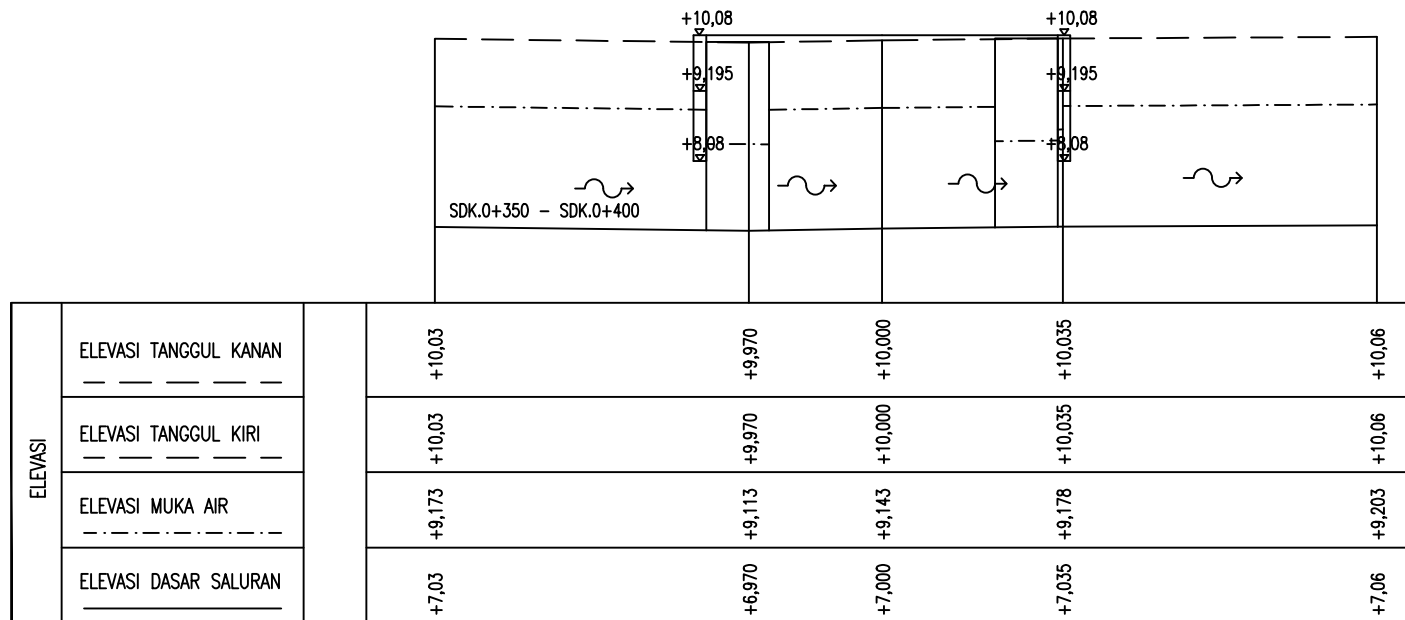
ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN -----		+6,705		+7,1314	+7,396
	ELEVASI TANGGUL KIRI -----		+6,705		+7,1314	+7,396
	ELEVASI MUKA AIR - - - - -		+6,841		+6,791	+6,764
	ELEVASI DASAR SALURAN -----		+5,350		+5,300	+5,273

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Kali L.indah (Kanan) JLLT sta 2+475	36	10		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				

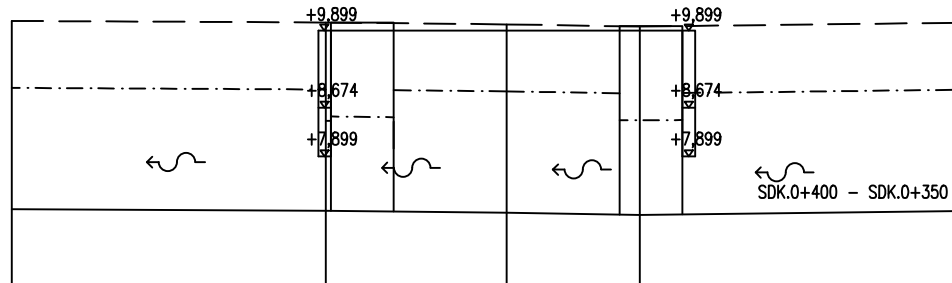


ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN -----	+10,03	+9,970	+10,000	+10,035	+10,06
	ELEVASI TANGGUL KIRI -----	+10,03	+9,970	+10,000	+10,035	+10,06
	ELEVASI MUKA AIR -----	+9,072	+9,012	+9,042	+9,077	+9,102
	ELEVASI DASAR SALURAN -----	+7,03	+6,970	+7,000	+7,035	+7,06


NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Sudetan Kenj (Kiri) JLT sta 4+950	36	11		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				

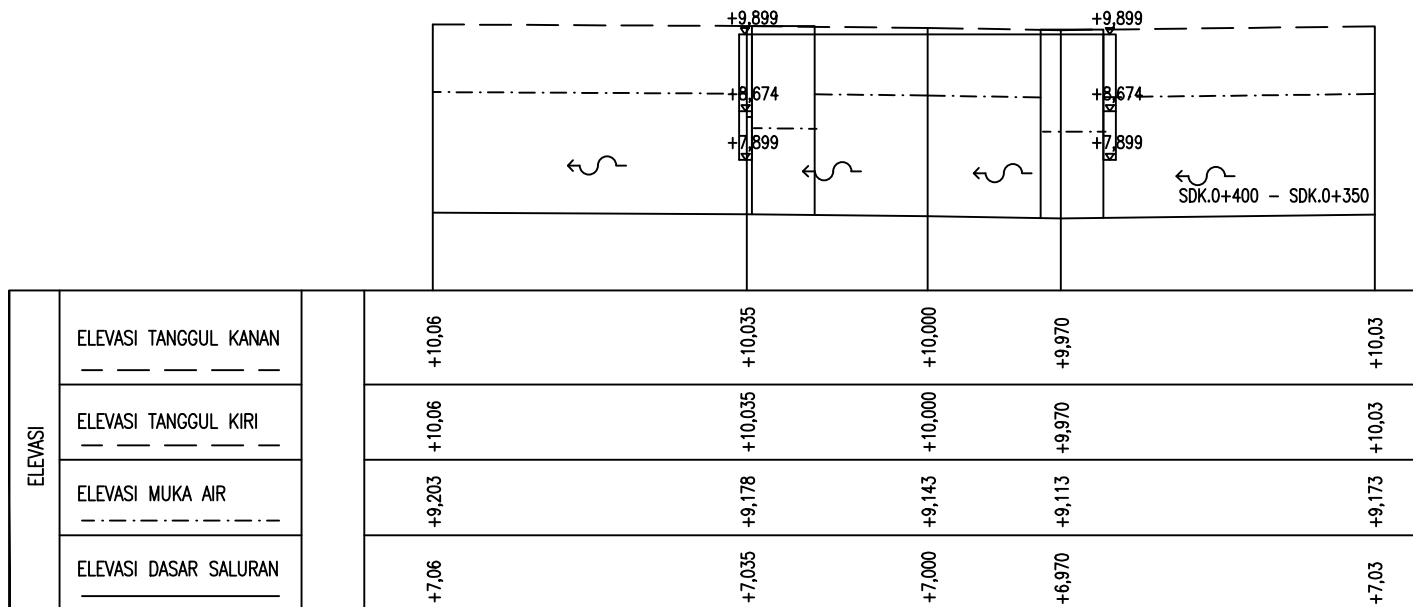


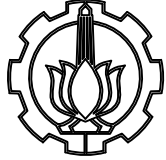
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Sudetan Kenj. (Kanan) JLLT sta 4+950 SKALA H = 1:1000 V = 1:100	36	12	

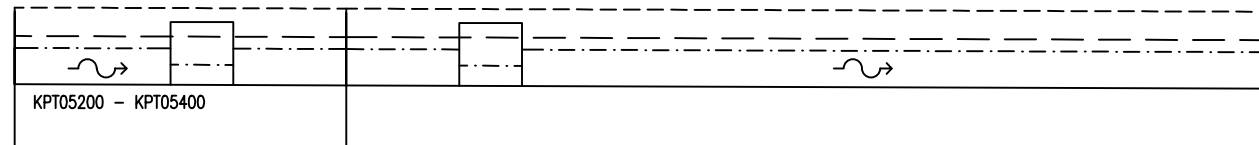
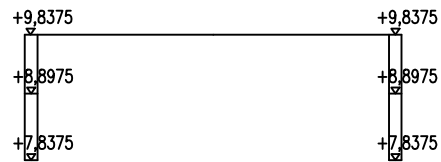


ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN — — — — —	+10,06	+10,035	+10,000	+9,970	+10,03
	ELEVASI TANGGUL KIRI — — — — —	+10,06	+10,035	+10,000	+9,970	+10,03
	ELEVASI MUKA AIR —	+9,102	+9,077	+9,042	+9,012	+9,072
	ELEVASI DASAR SALURAN — — — — —	+7,06	+7,035	+7,000	+6,970	+7,03


NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Sudetan Kenj. (Kiri) JLTT sta 5+025	36	13		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				

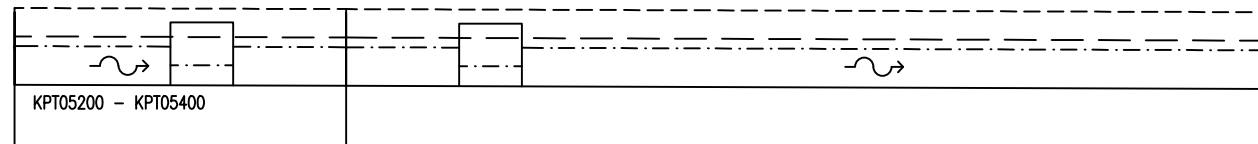
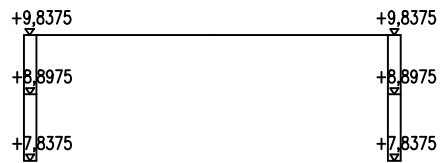


NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Sudetan Kenj. (Kanan) JLT sta 5+025 SKALA H = 1:1000 V = 1:100	36	14		




ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN -----	+6,049	+6,031	+5,981
	ELEVASI TANGGUL KIRI -----	+5,787	+5,769	+5,719
	ELEVASI MUKA AIR -----	+5,720	+5,702	+5,652
	ELEVASI DASAR SALURAN -----	+5,018	+5,000	+4,950

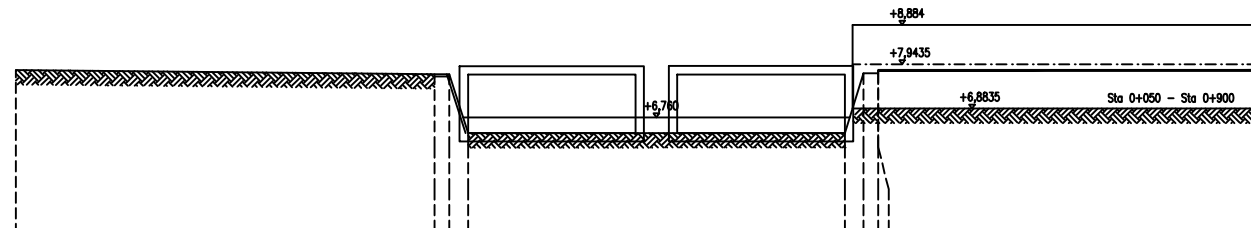
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Kali Kepiting (Kiri) JLLT sta 5+700	36	15		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				




ELEVASI	ELEVASI TANGGUL KANAN -----	+6,049	+6,031	+5,981
	ELEVASI TANGGUL KIRI -----	+5,787	+5,769	+5,719
	ELEVASI MUKA AIR -----	+5,751	+5,733	+5,683
	ELEVASI DASAR SALURAN -----	+5,018	+5,000	+4,950

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Kali Kepiting (Kanan) JLLT sta 5+700	36	16		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				

Datum : ARP



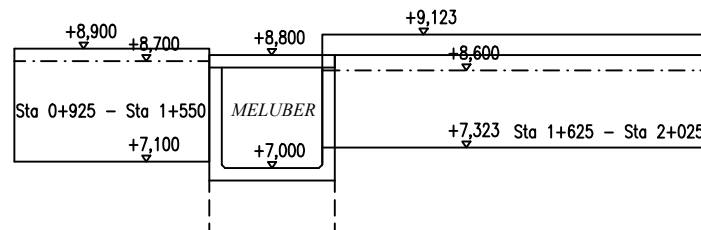
J A R A K	ELEVASI	ELEVASI YANG ADA	7.806	7.7123	7.7123	6.300	6.304	7.730	7.730	7.800	3.838
	JARAK PARSIAL (m)		10.000	0.350	0.450	9.000	0.450	0.350	0.000	9.000	
	JARAK KUMULATIF		0.000	10.000	10.350	10.800	19.800	20.250	20.600	20.600	29.600

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Melintang Kali Jeblok Kiri JLLT (PJB05200)	36	17		
		SKALA H = 1:100 V = 1:100				




J A R A K		ELEVASI
JARAK PARSIAL (m)	JARAK KUMULATIF	ELEVASI YANG ADA
10.000	0.000	7.806
0.350	10.000	7.7123
0.450	10.350	7.7123
9.000	10.800	6.300
0.450	19.800	6.304
0.350	20.250	7.730
0.000	20.600	7.730
9.000	29.600	7.680
		3.535

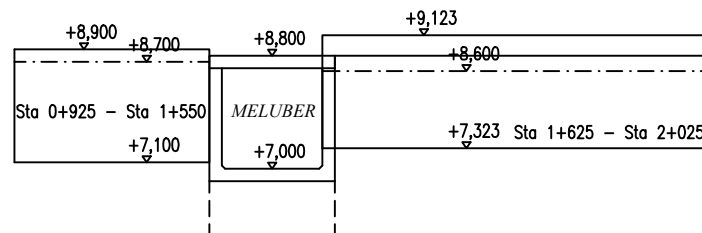
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Melintang Kali Jeblokan Kanan JLLT (PJB05200)	36	18		
		SKALA H = 1:100 V = 1:100				



Datum : ARP

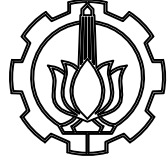
J A R A K	ELEVASI				
	ELEVASI YANG ADA		6,800	6,800	8,600
	JARAK PARSIAL (m)		2,000	8,100	
	JARAK KUMULATIF		0,000	2,000	10,100

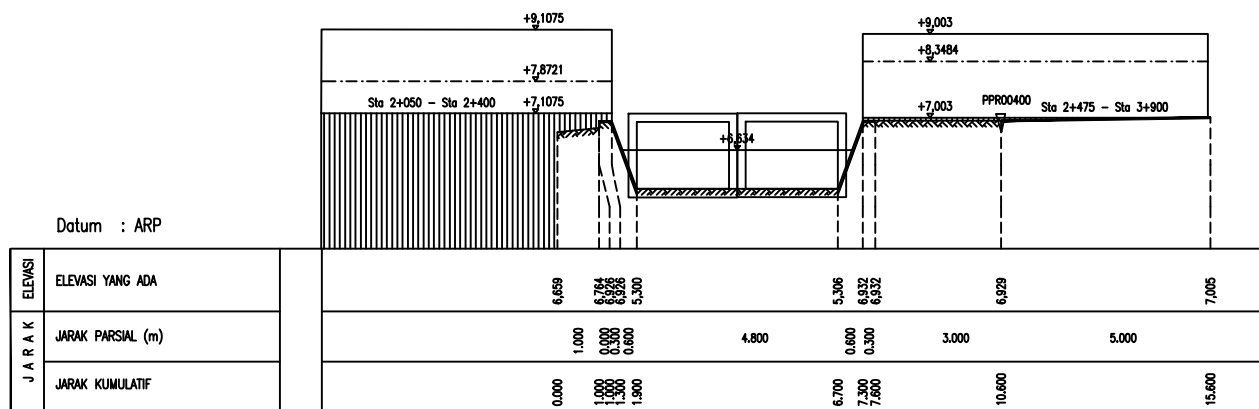
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Melintang Kali Kyai Tambak Deres Kiri JLLT (P0+924)	36	19		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				




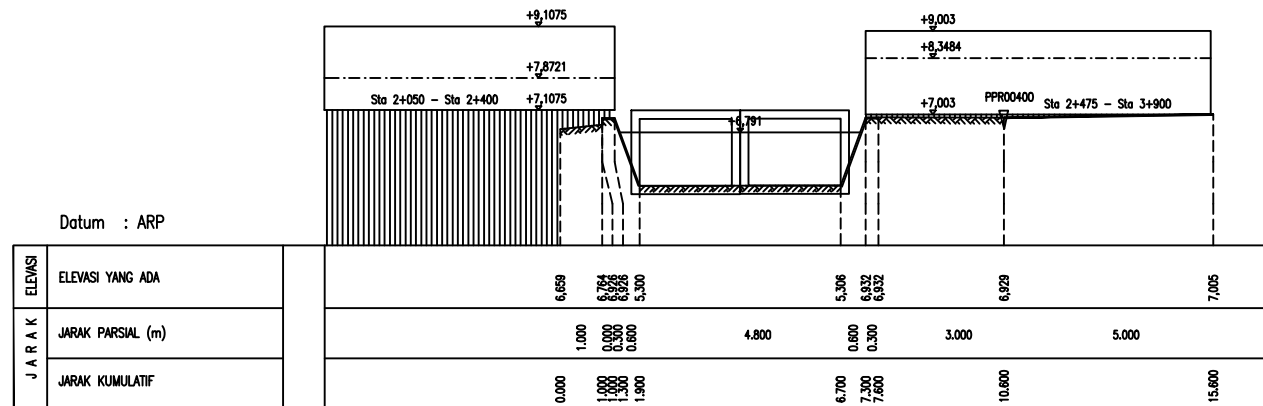
Datum : ARP

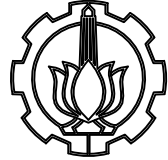
J A R A K	ELEVASI			
	ELEVASI YANG ADA		6,800	6,800
	JARAK PARSIAL (m)		2,000	8,100
	JARAK KUMULATIF		0,000	2,000
				10,100

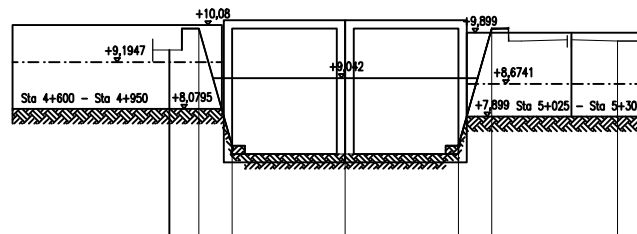
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER		
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Melintang Kali Kyai Tambak Deres Kanan JLLT (P0+924)	36	20			
		SKALA					
		H = 1:1000					V = 1:100



NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Melintang Kali Lebak Indah Kiri JLLT (PPR00400)	36	21		
		SKALA H = 1:100 V = 1:100				




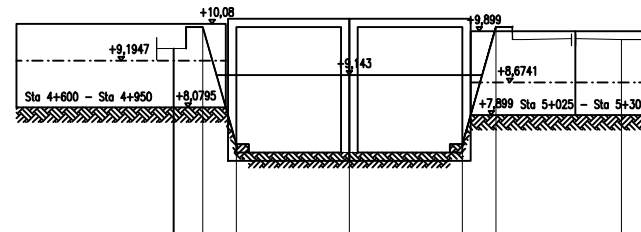
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER		
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Melintang Kali Lebak Indah Kanan JLLT (PPR00400)	36	22			
		SKALA					
		H = 1:100					V = 1:100



Datum : ARP


J A R A K	ELEVASI								
	ELEVASI YANG ADA	9,485	10,000	7,200	7,000	7,200	10,000	9,485	
	JARAK PARSIAL (m)	0,700	0,800	2,700	2,700	0,800	5,000		
	JARAK KUMULATIF	0,000	0,700	1,500	4,200	6,900	7,700	12,700	

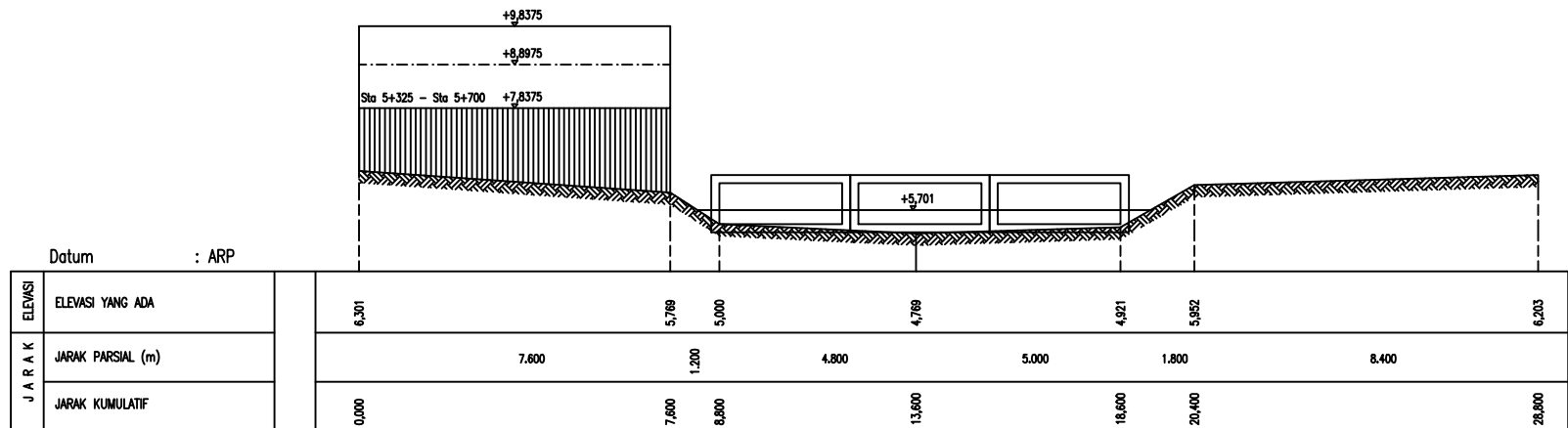
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Melintang Sudetan Kenjeran Kiri JLLT (SSKO+350)	36	23		
		SKALA H = 1:100 V = 1:100				




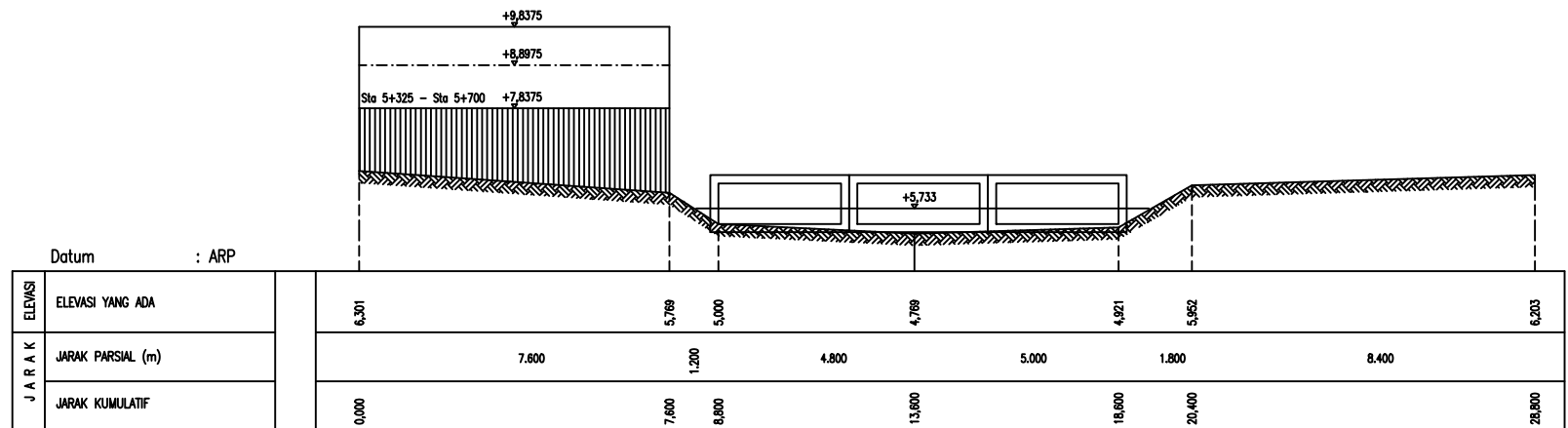
Datum : ARP

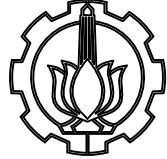
J A R A K	ELEVASI	ELEVASI YANG ADA	9,465	10,000	7,200	7,000	7,200	10,000	9,465
	JARAK PARSIAL (m)		0,700	0,800	2,700	2,700	0,800	5,000	
	JARAK KUMULATIF		0,000	0,700	1,500	4,200	6,900	7,700	12,700

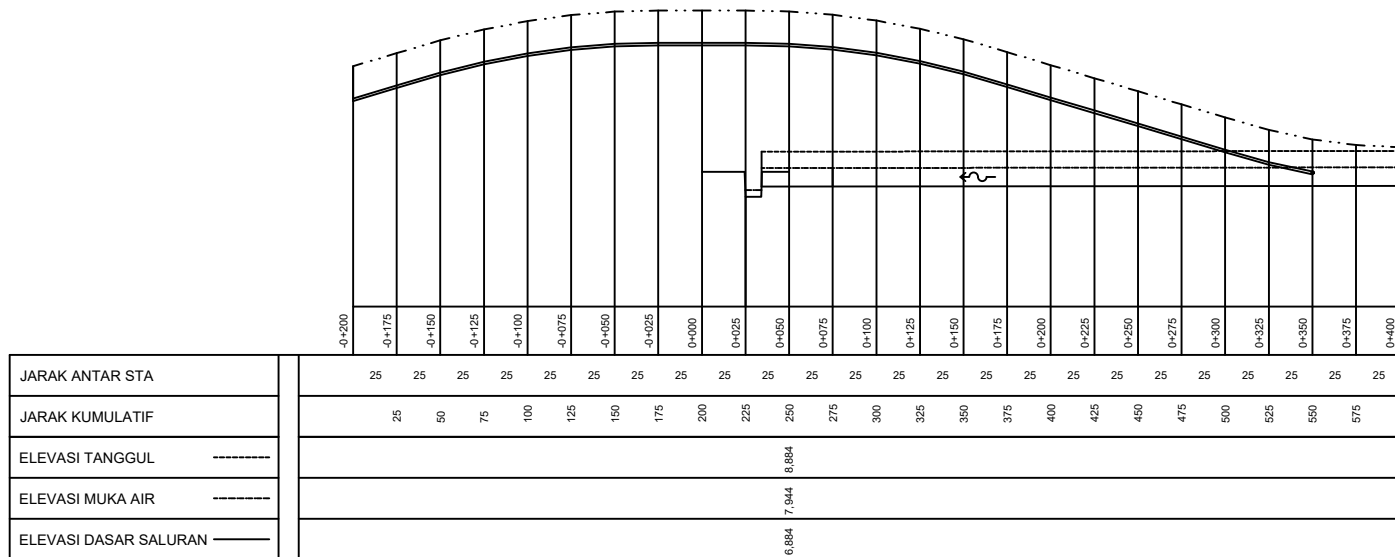
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Melintang Sudetan Kenjeran Kanan JLT (SSK0+350)	36	24		
		SKALA H = 1:100 V = 1:100				




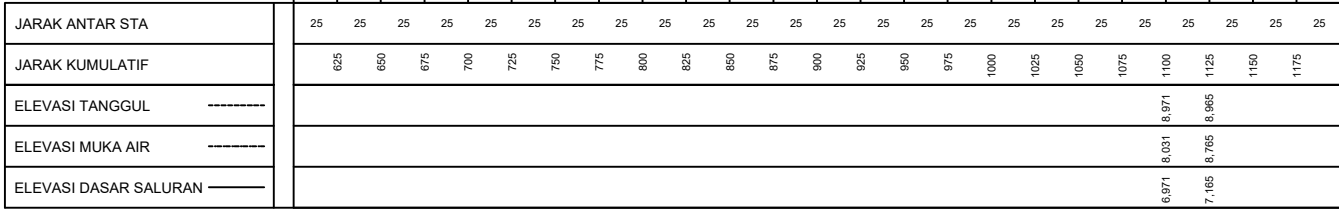
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Melintang Kali Kepiting Kiri JLLT (KPT05200)	36	25		
		SKALA H = 1:100 V = 1:100				




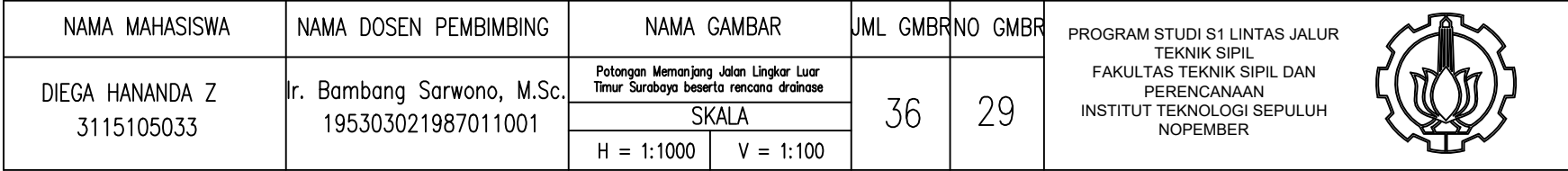
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Melintang Kali Kepiting Kanan JLLT (KPT05200)	36	26		
		SKALA H = 1:100 V = 1:100				

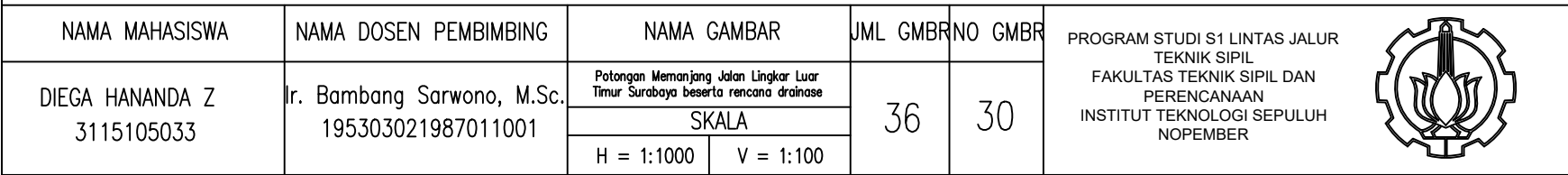


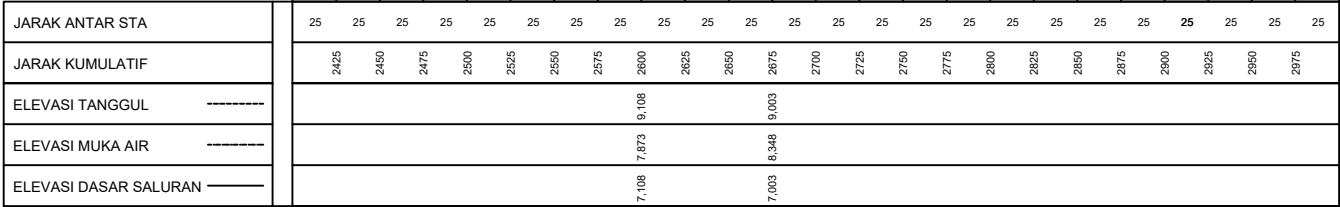
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya beserta rencana drainase	36	27		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				

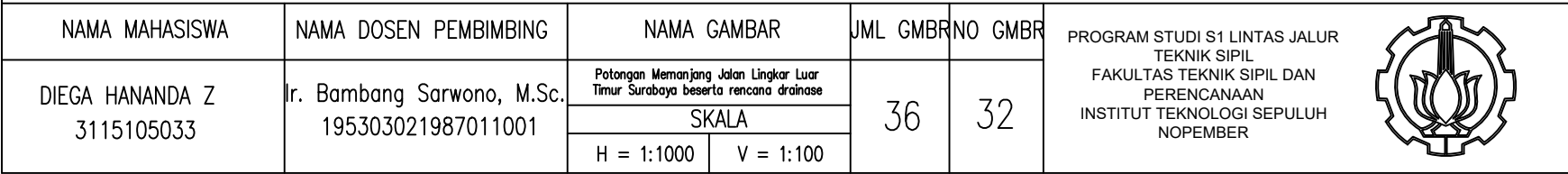


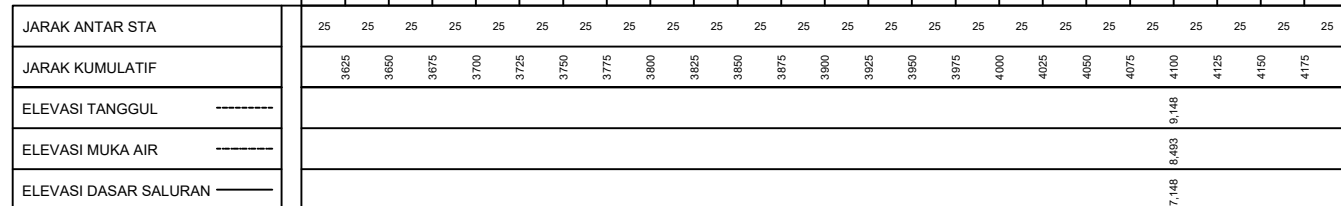
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya beserta rencana drainase	36	28		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				

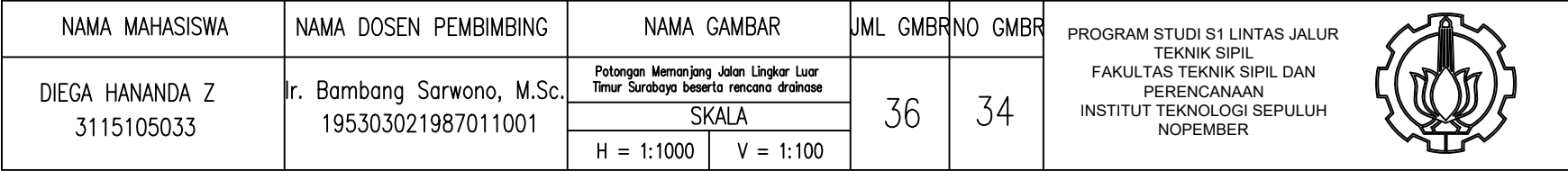


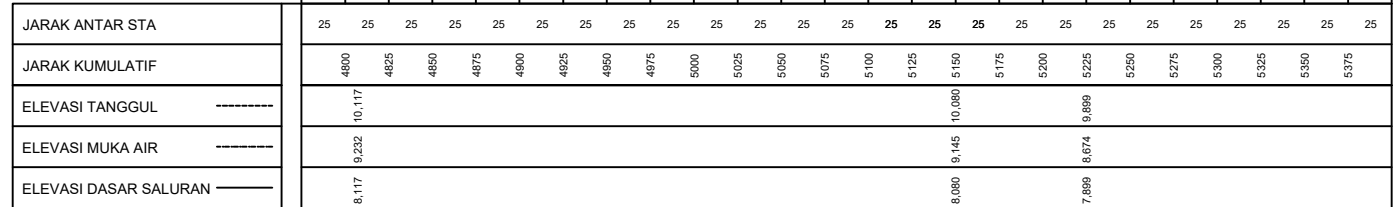


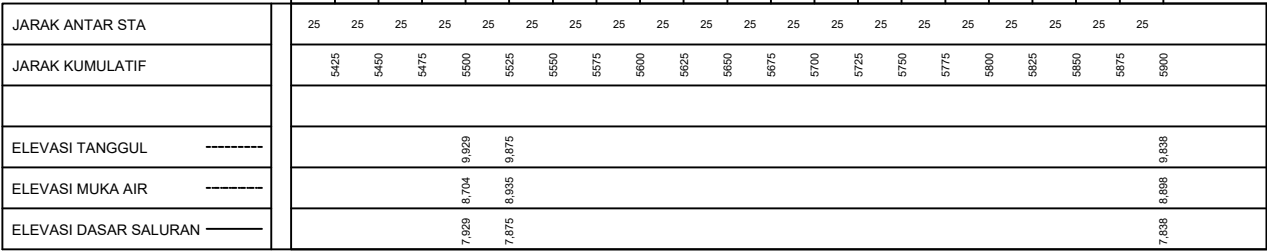













NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
DIEGA HANANDA Z 3115105033	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	Potongan Memanjang Jalan Lingkar Luar Timur Surabaya beserta rencana drainase	36	36		
		SKALA H = 1:1000 V = 1:100				



Penulis dilahirkan di Surabaya, 11 Mei 1995, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN Kendang Sari V no.562 Surabaya lulus pada tahun 2006, SMP Negeri 35 Surabaya lulus pada tahun 2009, dan SMA Negeri 16 Surabaya lulus pada tahun 2012. Setelah lulus dari Sekolah Menengah Atas pada tahun 2012, penulis mengikuti Seleksi Masuk ITS (SMITS) dan diterima di jurusan D III Teknik Sipil ITS pada tahun 2012, lalu penulis melanjutkan studi di S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP. 3115-105-033. Di jurusan S1 Lintas Jalur Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Hidro Teknik dan mengerjakan Tugas Akhir dengan judul “PERENCANAAN DRAINASE JALAN LINGKAR LUAR TIMUR SURABAYA TAHAP 1 (STA -0+200 HINGGA STA 5+700)”. Bagi para pembaca yang ingin menghubungi penulis, dapat menghubungi email diegahz@gmail.com

“halaman ini sengaja dikosongkan”